



TUGAS AKHIR – RC 18 - 4803

PERENCANAAN KONFIGURASI GERBANG TOL PEMALANG - BATANG

VIDELA DENASTYAN AGPENTA PUTRA
NRP. 03111440000147

Dosen Pembimbing I :
Ir. Wahyu Herijanto, M.T.

Dosen Pembimbing II :
Dr. Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019



TUGAS AKHIR – RC 18 - 4803

PERENCANAAN KONFIGURASI GERBANG TOL PEMALANG - BATANG

VIDELA DENASTYAN AGPENTA PUTRA
NRP. 03111440000147

Dosen Pembimbing I :
Ir. Wahyu Herijanto, M.T.

Dosen Pembimbing II :
Dr. Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019



TUGAS AKHIR – RC 18 - 4803

**PLANNING OF CONFIGURATION PEMALANG –
BATANG TOLL GATE**

VIDELA DENASTYAN AGPENTA PUTRA
NRP. 03111440000147

Supervisor I :
Ir. Wahyu Herijanto, M.T.

Supervisor II :
Dr. Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019

**PERENCANAAN KONFIGURASI GERBANG TOL
PEMALANG - BATANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Transportasi
Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

VIDELA DENASTYAN AGPENTA PUTRA
NRP. 03111440000147

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. **Ir. Wahyu Herijanto, M.T.**
2. **Dr. Catur Arif P, ST., M.Eng**



**SURABAYA
JANUARI, 2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERENCANAAN KONFIGURASI GERBANG TOL PEMALANG - BATANG

Nama : Videla Denastyan A.P
NRP : 03111440000147
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Ir. Wahyu Herijanto, M.T.
Dr. Catur Arif P, ST., M.Eng

ABSTRAK

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian dari sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan untuk membayar tol. Pembuatan jalan tol bertujuan untuk mempersingkat waktu tempuh perjalanan dari suatu tempat ke tempat lain. Oleh sebab itu, sebagaimana fungsinya jalan tol harus menyediakan arus yang bebas hambatan agar tujuan jalan tol untuk mempersingkat waktu tempuh perjalanan tercapai. Untuk menikmatinya, para pengguna jalan tol harus membayar sesuai tarif yang berlaku. Penetapan tarif didasarkan pada golongan kendaraan. Bangunan atau fasilitas di mana tol dikumpulkan dapat disebut pintu tol, rumah tol, plaza tol atau di Indonesia lebih dikenal sebagai gerbang tol. Bangunan ini biasanya ditemukan di dekat pintu keluar ataupun pintu masuk. Namun pada suatu sistem jaringan jalan tol, sering terjadi kemacetan yang diakibatkan antrian panjang yang melebihi batas maksimum antrian yang ditentukan, dan tidak seimbangnya antara kapasitas gerbang tol yang dioperasikan dengan banyak kendaraan yang masuk.

Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang – Batang merencanakan gerbang tol untuk tahun 2019 dan 2034. Metode yang digunakan yaitu *Multi Channel Single Phase* sebagai struktur dasar proses antrian dan *First In First Out* sebagai pelayanan antrian. Perencanaan ini diharapkan dapat menghasilkan gerbang tol yang dapat bekerja dengan optimal.

Hasil dari Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang – Batang pada tahun 2019 untuk gardu tol otomatis khusus terdapat 1 gardu pada setiap arah masuk dan keluar. Untuk gardu tol otomatis gerbang Pemalang terdapat 2 arah masuk dan 3 arah keluar. Gerbang Beji arah masuk dan keluar terdapat 4 gardu. Gerbang Bojong arah masuk dan keluar terdapat 4 gardu. Gerbang Tulis arah masuk dan keluar terdapat 3 gardu. Gerbang Batang arah masuk dan keluar terdapat 2 gardu. Sedangkan untuk gardu tol *On Board Unit* terdapat 1 pada semua arah masuk dan arah keluar gerbang tol. Pada tahun 2034 terdapat peningkatan jumlah gardu tol sesuai dengan pertumbuhan volume kendaraan.

Kata Kunci : Gerbang Tol, Tol Pemalang - Batang

PLANNING OF CONFIGURATION PEMALANG – BATANG TOLL GATE

Name : Videla Denastyan A.P
NRP : 03111440000147
Department : Teknik Sipil
Supervisors : Ir. Wahyu Herijanto, M.T.
Dr. Catur Arif P, ST., M.Eng

ABSTRACT

Toll road is a public road transport that is part of the road system and as a national road whose users are required to pay the bills. Making toll roads itself aims to shorten travel time from one place to another. Therefore, as the function of the toll road must provide a barrier-free flow so that the purpose of the toll road is to shorten the travel time of the journey. To enjoy it, toll road users must pay according to the applicable rates. Pricing is based on the vehicle class. Buildings or facilities where tolls are collected can be called toll gates, toll houses, toll plazas or in Indonesia is better known as toll gates. This building is usually found near the exit or the entrance. However, on a toll road system, frequent congestion is caused by long queues that exceed the specified maximum queue limit, and the imbalance between the capacity of the toll gate operated with many incoming vehicles.

Planning for the Pemalang-Batang toll gates, plan the optimum number of toll gates in terms of queue length and service levels for 2019 and 2034. The method used is Multi Channel Single Phase as the basic structure of the queue process and First In First Out as the queue service. This plan is expected to produce toll gates that can work optimally.

The Results of the Planning of Configuration Pemalang - Batang Toll Gate in 2019 for the automatic toll booths there are 1 substation in each direction in and out. For the Pemalang

automatic toll booth gate there are 2 entry directions and 3 exit directions. The Beji Gate is in and out of 4 substations. The Bojong Gate is in and out of 4 substations. The Tulis Gate has 3 substations of entry and exit gate each. there are 2 substations on The Batang Gate in and out each. Whereas for the On Board Unit toll booth there are 1 in all the entrance and exit directions of the toll gate. In 2034 there will be increase the number of toll booths in accordance with the growth in the volume of the vehicles.

**Kata Kunci : Toll Gate Configuration, Pemalang – Batang
Toll Gate**

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul "Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang - Batang" dengan lancar.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik karena dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah memberikan kekuatan dan ilmu-Nya
2. Orang tua saya yang telah mendoakan saya dan memberikan dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir ini
3. Bapak Ir. Wahyu Herijanto M.T. dan Bapak Dr. Catur Arif P, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan serta dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik dari semua pihak yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kebaikan Proposal Tugas Akhir ini.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Lokasi Gerbang Tol.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Jalan Tol	5
2.2 Tujuan	5
2.3 Manfaat.....	5
2.4 Jenis Kendaraan.....	6
2.5 Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol	7
2.5.1 Kriteria Umum	7
2.5.2 Kebutuhan Gardu Tol.....	8
2.5.3 Sistem Pembayaran pada Gerbang Tol	11
2.6 Teori Antrian	13
2.6.1 Sistem Antrian.....	14

2.6.2 Antrian.....	17
2.6.3 Tingkat Pelayanan	19
BAB III METODOLOGI	19
3.1 UMUM.....	19
3.2 Langkah Penulisan	19
3.3 Lokasi dan Waktu Perencanaan.....	23
3.3.1 Lokasi Perencanaan.....	23
3.3.2 Waktu Perencanaan	24
3.4 Bagan Alir (<i>Flow Chart</i>)	25
BAB IV DATA PERENCANAAN	27
4.1 Umum	27
4.2 Data Sekunder	27
4.2.1 Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana	27
4.2.2 Pertumbuhan Volume Lalu Lintas	28
4.3 Data Primer.....	28
4.3.1 Waktu Pelayanan Jalan Tol	28
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	35
5.1 Analisis Volume Kendaraan.....	35
5.1.1 Analisis Tingkat Kedatangan.....	42
5.2 Analisis Waktu Pelayanan.....	48
5.2.1 Analisis Tingkat Pelayanan (μ)	59
5.3 Analisis Jumlah Gardu Tol Tahun 2019.....	61
5.3.1 Intensitas Lalu Lintas Gerbang Tol	61
5.3.2 Analisis Antrian pada Gerbang Tol.....	65
5.4 Analisis Jumlah Gardu Tol tahun 2034.....	70

5.4.1 Analisis Tingkat Kedatangan.....	74
5.4.2 Analisis Waktu Pelayanan.....	78
5.4.3 Analisis Tingkat Pelayanan (μ)	89
5.4.4 Analisis Intensitas Lalu Lintas	91
5.4.5 Analisis Intensitas Gerbang Tol	91
5.4.6 Analisis Antrian pada Gerbang Tol	95
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	102
6.1. Kesimpulan.....	102
6.2. Saran	105
DAFTAR PUSTAKA.....	106
LAMPIRAN	108

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Pintu Tol	4
Gambar 2.1 Sistem pembayaran GTO.....	12
Gambar 2.2 Sistem pembayaran OBU	13
Gambar 2.3 Single Channel, Single Phase	15
Gambar 2.4 Single Channel, Multi Phase.....	16
Gambar 2.5 Multi Channel, Single Phase.....	16
Gambar 2.6 Multi Channel, Multi Phase.....	17
Gambar 2.7 First In First Out	17
Gambar 2.8 Last In First Out.....	18
Gambar 3.1 Gerbang tol Waru	23
Gambar 3.2 Gerbang tol Cililitan	24
Gambar 3.3 Diagram Alir.....	25
Gambar 5.3 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 1.....	49
Gambar 5.4 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 2.....	50
Gambar 5.5 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 3.....	53
Gambar 5.6 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 4.....	55
Gambar 5.7 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 5.....	57
Gambar 5.8 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit (OBU)	58
Gambar 5.9 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 1.....	80

Gambar 5.10 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 2.....	81
Gambar 5.11 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 3.....	83
Gambar 5.12 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 4.....	85
Gambar 5.13 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 5.....	87
Gambar 5.14 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit (OBU)	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Kendaraan.....	6
Tabel 4.1 Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana	27
Tabel 4.2 Pertumbuhan Lalu Lintas	28
Tabel 4.3 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis.....	29
Tabel 4.4 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis.....	30
Tabel 4.5 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis.....	31
Tabel 4.6 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis.....	32
Tabel 4.7 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis.....	33
Tabel 4.8 Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit.....	34
Tabel 5.1 Volume lalu lintas jalan tol Pemalang- Batang satu arah	35
Tabel 5.2 Awal Matriks Asal Tujuan	36
Tabel 5.3 Perhitungan Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1	37
Tabel 5.4 Perhitungan Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1	37
Tabel 5.5 Perhitungan Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1	38
Tabel 5.6 Perhitungan Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1	38
Tabel 5.7 Perhitungan Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1	38
Tabel 5.8 Hasil Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1	39
Tabel 5.9 Perhitungan sum of square error pada golongan 1	39
Tabel 5.11 Perhitungan sum of square error pada golongan 2 ...	40
Tabel 5.13 Perhitungan sum of square error pada golongan 3 ...	40

Tabel 5.14 Hasil Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 4	41
Tabel 5.15 Perhitungan sum of square error pada golongan 4 ...	41
Tabel 5.16 Perhitungan sum of square error pada golongan 5 ...	41
Tabel 5.17 Perhitungan sum of square error pada golongan 5 ...	41
Tabel 5.18 Anggapan umum untuk perencanaan tipikal JBH4/2 dan JBH6/2 yang ideal.....	42
Tabel 5.19 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan I.....	43
Tabel 5.20 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan II.....	43
Tabel 5.21 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan III	44
Tabel 5.22 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan IV	44
Tabel 5.23 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan V	44
Tabel 5.24 Distribusi kendaraan keluar masuk gerbang tol golongan 1	45
Tabel 5.25 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang	46
Tabel 5.26 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang	46
Tabel 5.27 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan 1	48
Tabel 5.28 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 2	50
Tabel 5.29 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 3	52
Tabel 5.30 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 4	54

Tabel 5.31 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 5	56
Tabel 5.32 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis On Board Unit (OBU)	58
Tabel 5.33 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol 2019	60
Tabel 5.34 Intensitas Lalu Lintas Gerbang Tol PBTR tahun 2019	64
Tabel 5.35 Intensitas Lalu Lintas Gerbang Tol PBTR tahun 2019 (lanjutan)	65
Tabel 5.36 Analisis Lalu Lintas Gerbang Tol PBTR	68
Tabel 5.37 Analisis Lalu Lintas Gerbang Tol PBTR	69
Tabel 5.38 Perhitungan sum of square error pada golongan 1 ...	71
Tabel 5.39 Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1	71
Tabel 5.40 Perhitungan sum of square error pada golongan 2 ...	71
Tabel 5.41 Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 2	72
Tabel 5.42 Perhitungan sum of square error pada golongan 3 ...	72
Tabel 5.43 Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 3	72
Tabel 5.44 Perhitungan sum of square error pada golongan 4 ...	73
Tabel 5.45 Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 4	73
Tabel 5.46 Perhitungan sum of square error pada golongan 5 ...	73
Tabel 5.47 Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 5	74
Tabel 5.48 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan 1	75
Tabel 5.49 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan 2	75
Tabel 5.50 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan 3	75

Tabel 5.51 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan 4	75
Tabel 5.52 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan 5	76
Tabel 5.53 Distribusi kendaraan keluar masuk gerbang tol golongan 1	77
Tabel 5.54 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang	78
Tabel 5.55 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang	78
Tabel 5.56 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 1	79
Tabel 5.57 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 2	81
Tabel 5.58 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 3	82
Tabel 5.59 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 4	84
Tabel 5.60 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 5	86
Tabel 5.61 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis On Board Unit (OBU)	88
Tabel 5.62 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol 2034	90
Tabel 5.63 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol 2034 (lanjutan)	91
Tabel 5.64 Intensitas Lalu Lintas Gerbang Tol PBTR th 2034 ..	94
Tabel 5.65 Intensitas Antrian Gerbang Tol PBTR	98
Tabel 5.66 Intensitas Antrian Gerbang Tol PBTR	99

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian dari sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaanya diwajibkan untuk membayar tol. Sedangkan tol adalah sejumlah uang yang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan tol. Pembangunan jalan tol bertujuan untuk mempersingkat waktu tempuh dari satu tempat ke tempat lain. Oleh sebab itu, sebagaimana fungsinya jalan tol harus menyediakan arus yang bebas hambatan agar tujuan jalan tol untuk mempersingkat waktu tempuh perjalanan tercapai.

Dalam meningkatkan perekonomian negara tentu tidak terlepas dari kebutuhan infrastruktur. Infrastruktur menjadi kebutuhan dasar penduduk suatu negara secara ekonomi dan sosial. Seperti misal, fasilitas transportasi, bangunan institusional dan komersial, pembangunan irigasi, drainase dan pengendali banjir, fasilitas air bersih dan air kotor, fasilitas olahraga rekreasi dan lain sebagainya.

Dalam hal ini, infrastruktur transportasi menjadi hal utama dalam menopang kegiatan perekonomian negara, karena itu infrastruktur transportasi menjadi sangat penting untuk Indonesia. Infrastruktur tol sangatlah penting dimiliki oleh bangsa Indonesia. Jalan tol berfungsi untuk memudahkan para pengguna kendaraan roda empat atau lebih dalam perjalanan. Langkah nyata yang dilakukan pemerintah saat ini adalah dengan menjalankan program pembangunan tol Trans Jawa.

Jalan Tol Trans Jawa adalah jaringan jalan tol yang menghubungkan kota-kota di pulau Jawa. Jalan tol ini merupakan program pemerintah untuk menghubungkan Provinsi Banten sampai Kota Banyuwangi, Jawa Timur. Tol trans Jawa sepanjang ± 1.200 kilometer tersebut melanjutkan jalan-jalan tol yang sekarang sudah ada.

Salah satu bagian dari program tol Trans Jawa adalah proyek pembangunan jalan tol Pemalang - Batang. Untuk mewujudkan pembangunan tol trans jawa, khususnya jalan tol Pemalang - Batang, dibutuhkan perencanaan yang matang serta efektif dan efisien. Tol Pemalang-Batang dibagi menjadi 2 seksi yaitu Seksi I (Pemalang-Pekalongan) dengan panjang 20,05 km dan seksi II (Pekalongan-Batang) dengan panjang 16,7 km

Di dalam pelaksanaannya jalan tol yang seharusnya jalan bebas hambatan tetapi sering kali terjadi kemacetan dikarenakan panjangnya antrian di gerbang tol dan kurang seimbangnya antara gerbang tol yang dioperasikan dengan jumlah kendaraan yang masuk ke jalan tol. Melihat fungsi dari jalan tol untuk mempersingkat jarak dan waktu salah satu penunjang fungsi tersebut ialah mengoptimalkan fungsi gerbang tol. Dengan tujuan agar perpindahan barang dan jasa tidak terhambat sehingga meningkatkan perekonomian suatu daerah.

Tugas akhir ini memiliki tujuan untuk membuat suatu desain perencanaan jalan tol, khususnya pada Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol. Jalan tol yang menjadi objek perencanaan adalah jalan tol Pemalang - Batang.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa volume kendaraan yang keluar masuk pintu tol sehingga dapat digunakan untuk merencanakan gerbang tol ?
2. Berapa lama waktu pelayanan pada gerbang tol sehingga dapat digunakan untuk merencanakan gerbang tol ?
3. Berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan apabila semua gerbang tol direncanakan dengan sistem Gardu Tol Otomatis (GTO) dan On Board Unit pada tahun 2019 ?
4. Berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan apabila semua gerbang tol direncanakan dengan sistem Gardu Tol Otomatis (GTO) dan On Board Unit pada tahun 2034 ?
5. Bagaimana *Lay – out* gerbang tol pada tahun 2019 ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui volume kendaraan yang keluar masuk pintu tol sehingga dapat digunakan untuk merencanakan gerbang tol.
2. Mengetahui lama waktu pelayanan pada gerbang tol sehingga dapat digunakan untuk merencanakan gerbang tol.
3. Mengetahui jumlah gardu tol yang dibutuhkan apabila semua gerbang tol direncanakan dengan sistem Gardu Tol Otomatis (GTO) dan On Board Unit pada tahun 2019.
4. Mengetahui jumlah gardu tol yang dibutuhkan apabila semua gerbang tol direncanakan dengan sistem Gardu Tol Otomatis (GTO) dan On Board Unit pada tahun 2034
5. Mengetahui *Lay – out* gerbang tol pada tahun 2019.

1.4 Batasan Masalah

Agar dalam tugas akhir ini dapat terarah dan mempunyai ruang lingkup yang jelas sehingga tidak menimbulkan kesalahpahaman, serta mempermudah dalam memahami masalah yang akan dibahas, maka perlu adanya suatu batasan masalah. Adapun batasan masalah tersebut adalah:

1. Kendaraan yang di tinjau hanya kendaraan roda 4 atau lebih.
2. Penulis tidak meninjau perkerasan jalan tol
3. Penulis tidak menghitung segi ekonomi dan finansial
4. Penulis tidak meninjau geometrik jalan tol
5. Penulis tidak membahas perilaku pengendara
6. Penulis tidak mengGambar detail peralatan jalan tol

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini yaitu dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk PT.Pemalang-Batang Toll Road sebagai perencana pembangunan dalam merencanakan gerbang tol yang optimal. Dimana yang dimaksudkan optimal adalah dengan jumlah gardu tol yang sesuai kebutuhan dengan jumlah antrian yang sedikit.

1.6 Lokasi Gerbang Tol

Lokasi jalan tol yang telah ditentukan oleh PT.Pemalang-Batang Toll Road terletak di Provinsi Jawa Tengah tepatnya melintasi Kota Pemalang hingga Kota Batang sejauh +39,2 kilometer. Proyek ini merupakan bagian dari proyek pembangunan Tol Trans Jawa. Lokasi Gerbang tol ditunjukkan pada Gambar 1.1 dibawah ini.



Gambar 1. 1 Lokasi Pintu Tol

(<http://bpjt.pu.go.id/berita/jalan-tol-pemalang-batang-sudah-bisa-dipakai-mulai-7-juni>, 20 Desember 2017)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan Tol

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang jalan, Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Sedangkan tol adalah sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol.

Gerbang tol (toll gate) menurut standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009 tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga adalah tempat pelayanan transaksi tol bagi pemakai jalan tol yang terdiri dari beberapa gardu dan sarana kelengkapan lainnya. Sedangkan gardu tol (toll booth) adalah ruang tempat bekerja pengumpul tol untuk melaksanakan tugas pelayanan kepada pemakai jalan.

2.2 Tujuan

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang jalan, jalan tol memiliki tujuan :

- a. memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang;
- b. meningkatkan hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi
- c. meringankan beban dana Pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan; dan
- d. meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan.

2.3 Manfaat

Manfaat jalan tol ini menurut Badan Pengatur Jalan Tol Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (BPJT) adalah :

- a. Pembangunan jalan tol akan berpengaruh pada perkembangan wilayah & peningkatan ekonomi.
- b. Meningkatkan mobilitas dan aksesibilitas orang dan barang.
- c. Pengguna jalan tol akan mendapatkan keuntungan berupa penghematan biaya operasi kendaraan (BOK) dan waktu dibanding apabila melewati jalan non tol.
- d. Badan usaha mendapatkan pengembalian investasi melalui pendapatan tol yang tergantung kepastian tarif tol.

2.4 Jenis Kendaraan

Berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/M/2007 tentang Penetapan Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Ruas Tol yang Sudah Beroperasi dan Besarnya Tarif Tol Pada Beberapa Ruas Jalan Tol, golongan jenis kendaraan bermotor pada jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.1 .

Tabel 2. 1 jenis kendaraan

GOLONGAN	JENIS KENDARAAN
Golongan I	Sedan, Jip, Pick Up/Truk kecil dan Bus
Golongan II	Truk dengan 2 (dua) gandar
Golongan III	Truk dengan 3 (tiga) gandar
Golongan IV	Truk dengan 4 (empat) gandar
Golongan V	Truk dengan 5 (lima) gandar atau lebih

(Sumber : Keputusan Menteri Pekerjaan Umum no. 370/KPTS/M/2007)

2.5 Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang - Batang

2.5.1 Umum

Dalam Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang – Batang digunakan data yang berasal dari P.T Pemalang – Batang Toll Road (PBTR). Lokasi perencanaan yang terdapat di sepanjang Kota Pemalang hingga Kota Batang dengan panjang $\pm 39,2$ kilometer. Terdapat 5 Gerbang tol yaitu Pemalang, Beji, Bojong, Tulis, Batang yang kemudian direncanakan sesuai dengan kriteria yang sudah ditentukan.

Menurut Standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009 tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, gerbang tol yang akan direncanakan harus sesuai dengan kriteria sebagai berikut :

- Bentuk konstruksi atap dan tinggi minimum gerbang tol dibuat sedemikian rupa sehingga mempunyai ruang bebas pada lajur lalu lintas dengan tinggi minimum 5,10 m.
- Lebar atap gerbang tol minimum 13 m dan bentuk listplanknya dibuat sedemikian sehingga memungkinkan pemasangan lampu lalu lintas ataupun lane indicator. Penempatan kolom gerbang harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu pandangan bebas pengumpul tol ke arah datangnya kendaraan dan 7 kebutuhan akan ruang gerak memadai bagi karyawan gerbang dalam melaksanakan tugasnya di gerbang tol.
- Untuk gerbang tol dengan jumlah lajur lebih dari 10 lajur (9 pulau tol) diharuskan dilengkapi dengan terowongan penghubung antar gardu dan ke kantor gerbang untuk keselamatan dan keamanan pengumpul tol yang sekaligus menampung utilitas.
- Penempatan lampu pada atap gerbang agar dibuat sedemikian hingga tidak menyilaukan pengumpul tol untuk melihat kendaraan yang datang serta tidak mengganggu fungsi lane indicator.

2.5.2 Kebutuhan Gardu Tol

Dalam menentukan jumlah kebutuhan gardu tol terdapat aturan yang berasal dari Standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009 tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Gardu tol perlu direncanakan sedemikian rupa sehingga menciptakan kondisi kerja yang cukup nyaman dan aman bagi pengumpul tol. Untuk itu gardu tol harus dilengkapi dengan pengatur suhu, pasokan udara segar dan alat komunikasi antar gardu dan dengan kantor gerbang atau pos tol. Ukuran gardu tol minimal lebar 1,25 m panjang 2,00 m dan tinggi 2,5 m. Pintu gardu tol berupa pintu geser dan diletakkan pada bagian belakang gardu, dengan lebar minimum 0,60m.

Terdapat 3 faktor yang ditetapkan untuk menentukan jumlah lajur dan jumlah gardu tol, yaitu :

- a. Volume lalu lintas
- b. Waktu Pelayanan di gardu tol
- c. Standar pelayanan (jumlah antrian kendaraan yang diperkenankan)

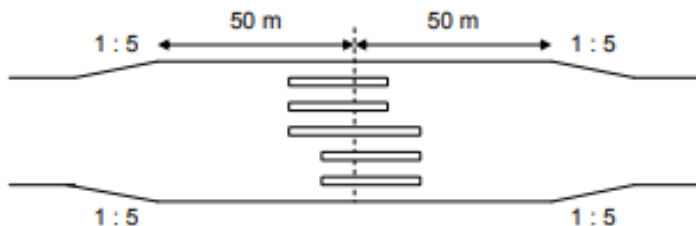
2.5.2.1 Pelataran Tol

Menurut Standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009 tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, lebar lajur lalu lintas pada gerbang tol 2,90 m dan lebar pulau tol (toll island) 2,10 m. Untuk dapat melayani sesuatu yang bersifat khusus, seperti misalnya angkutan dengan kendaraan khusus yang ekstra lebar maka pada lajur paling luar (kiri) dibuat dengan minimal lebar 3,50 m, Kemiringan melintang permukaan perkerasan pada pelataran tol minimum 1,0% dan maksimum 2,0% sedangkan untuk permukaan perkerasan pelataran tol pada barrier, kemiringan melintang permukaan perkerasannya dibuat minimum sebesar 0,5%, dengan ketentuan sumbu gerbang tol berada pada puncak lengkung vertikal dengan landai memanjang jalan +2% dan -2%.

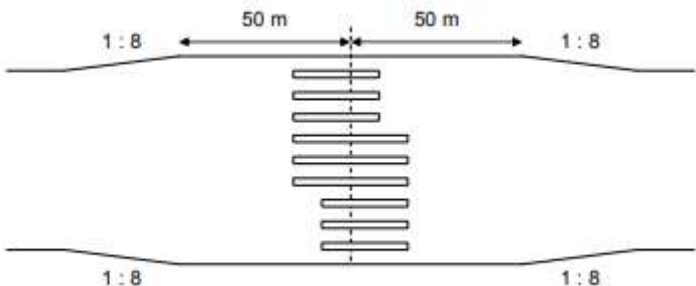
Pelebaran jalur pada pelataran tol harus dibuat dengan panjang transisi yang cukup, sehingga memungkinkan manuver atau weaving lalu lintas dari jalur normal ke arah lajur tol/gardu yang akan dituju dan/atau sebaliknya.

Pada pelataran tol barrier, pelebaran jalur harus dibuat dengan kemiringan taper maksimum pelataran 1:8, dan kemiringan taper maksimum pelataran tol pada ramp atau jalan akses 1:5.

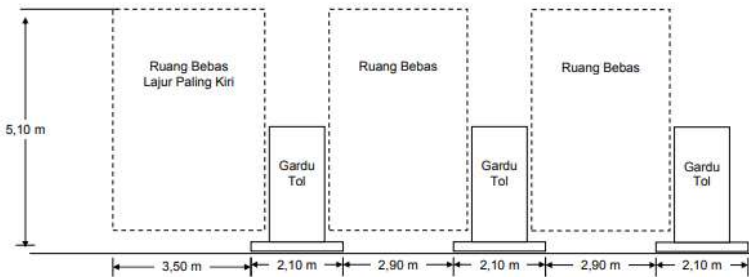
Berikut adalah contoh desain pelataran tol yang ditunjukkan oleh Gambar 2.1 – Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Pelataran pada gerbang tol ramp
(Sumber : Standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009)



Gambar 2.2 Pelataran pada gerbang tol barrier
(Sumber : Standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009)



Gambar 2.3 Standar gerbang tol

(Sumber : Standar Konstruksi dan Bangunan No 007/BM/2009)

2.5.2.2 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas yang ditinjau dalam merencanakan jumlah lajur (gardu tol) adalah volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) perencanaan jalan tol Pemalang-Batang yang kemudian diambil volume pada arus jam puncak. Arus jam puncak adalah dimana pada waktu tertentu terjadi fluktuasi volume kendaraan.

2.5.2.3 Waktu Pelayanan

Waktu pelayanan adalah waktu yang dibutuhkan oleh pelayanan jasa supaya cepat dan tepat agar pengguna jasa merasa puas. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol, Standar pelayanan minimal jalan tol adalah ukuran jenis dan mutu pelayanan dasar yang harus dicapai dalam pelaksanaan penyelenggaraan tol. Standar pelayanan minimal jalan tol wajib dipenuhi oleh Badan Usaha Jalan Tol dalam rangka pelayanan kepada pengguna jalan tol. Berikut standar waktu pelayanan minimal pada gerbang tol :

1. Gerbang tol sistem terbuka : maksimal 6 detik setiap kendaraan
2. Gerbang tol sistem tertutup :
 - a. Gardu masuk : maksimal 5 detik setiap kendaraan

- b. Gardu keluar : maksimal 9 detik setiap kendaraan
- 3. Gardu tol otomatis (GTO)
 - a. Gardu tol ambil kartu : maksimal 4 detik setiap kendaraan
 - b. Gardu tol transaksi : maksimal 5 detik setiap kendaraan

Dalam Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang – Batang menggunakan sistem gerbang tol tertutup sehingga membutuhkan waktu pelayanan pada saat masuk dan keluar kendaraan yang sudah ditentukan.

2.5.3 Sistem Pembayaran pada Gerbang Tol

2.5.3.1 Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis (GTO)

Pembayaran pada Gardu tol otomatis menggunakan kartu khusus yang berisi saldo atau uang elektronik. Pengguna jalan tol yang telah memiliki kartu cukup menempelkan pada mesin yang telah disiapkan pada GTO, dengan otomatis saldo akan berkurang sesuai tarif tol yang telah ditetapkan. Berikut contoh pembayaran pada GTO yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3:



Gambar 2. 3Sistem pembayaran GTO

(Sumber : https://www.kompasiana.com/huriahrahmah/gto-alias-gardu-tolotomatis_559f5357d87a61e0058b4568, 20 Desember 2017)

2.5.3.2 Sistem Pembayaran On Board Unit (OBU)

Gardu tol yang memakai On Board Unit memudahkan pengguna untuk tidak berhenti pada saat melakukan transaksi pembayaran. Pengguna membayar dengan cara non tunai dengan membeli perangkat OBU serta kartu tol yang kemudian di letakkan di dalam kendaraan. Berikut adalah contoh pembayaran pada OBU yang ditunjukkan oleh Gambar 2.4 :



Gambar 2. 4 Sistem pembayaran OBU

(Sumber :

<https://ekonomi.kompas.com/read/2017/09/15/072331630/mekani-sme-bayar-tol-pakai-oby, 20 Desember 2017>)

2.6 Teori Antrian

Menurut A.K. Erlang (1913) yang mempelajari fluktuasi permintaan fasilitas telepon dan keterlambatan pelayanannya. Saat ini analisis antrian banyak diterapkan di bidang bisnis (bank, supermarket), industri (pelayanan mesin otomatis), transportasi (pelabuhan udara, pelabuhan laut, jasa-jasa pos) dan lain-lain. Dan menurut Siagian (1987), antrian adalah suatu garis tunggu dari nasabah (satuan) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayan (fasilitas layanan). Munculnya antrian dikarenakan tingkat pelayanan yang tinggi dan melebihi kapasitas pelayanan. Lamanya waktu menunggu (waiting time) bergantung pada tingkat pelayanan (rate of services). Tujuan teori ini adalah untuk merencanakan dan mengatasi permintaan pelayanan yang berbeda tiap waktu.

2.6.1 Sistem Antrian

Pengertian dari sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan, pelayanan (loket) serta suatu aturan yang mengatur kedatangan pelanggan dan pemrosesan masalah pelayanan antrian dimana dicirikan oleh 5 buah komponen, yaitu pola kedatangan para pelanggan, pola pelayanan, jumlah pelayanan, kapasitas fasilitas untuk menampung para pelanggan dan aturan dalam mana para pelanggan dilayani. (Subagyo, Pangestu, dkk. 2000). Berikut komponen yang terdapat dalam sistem antrian :

- a. Populasi dan cara kedatangan pelanggan datang ke dalam sistem
- b. Sistem pelayanan antrian
- c. Kondisi pelanggan saat keluar system

2.6.1.1 Distribusi Kedatangan

Model antrian adalah model probabilistik (stochastic) karena unsur-unsur tertentu proses antrian yang dimasukkan dalam model adalah variabel random. Variabel random ini sering digambarkan dengan distribusi probabilitas.

Baik kedatangan maupun waktu pelayanan dalam suatu proses antrian pada umumnya dinyatakan sebagai variabel random. Asumsi yang biasa digunakan dalam kaitannya dengan distribusi kedatangan (banyaknya kedatangan per unit waktu) adalah distribusi Poisson. Rumus umum distribusi probabilitas Poisson menurut (Walpole, 1995) adalah:

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad (2.1)$$

Dimana :

x = banyaknya kedatangan

$P(x)$ = probabilitas kedatangan

λ = rata-rata tingkat kedatangan

e = dasar logaritma natural, yaitu 2,71828

$x!$ = $x (x-1) (x-2) \dots 1$

2.6.1.2 Distribusi Waktu

Waktu pelayanan dalam proses antrian dapat sesuai dengan salah satu bentuk distribusi probabilitas. Asumsi yang biasanya digunakan bagi distribusi waktu pelayanan adalah distribusi eksponensial negatif. Sehingga jika waktu 13 pelayanan mengikuti distribusi eksponensial negatif, maka tingkat pelayanan mengikuti distribusi Poisson. Rumus umum density function probabilitas eksponensial negatif adalah : pelayanan mengikuti distribusi eksponensial negatif, maka tingkat pelayanan mengikuti distribusi Poisson. Rumus umum density function probabilitas eksponensial negatif adalah :

$$f(t) = \mu e^{-\mu t} \quad (2.2)$$

Dimana:

t = waktu pelayanan

$f(t)$ = probabilitas yang berhubungan dengan t

μ = rata-rata tingkat pelayanan

$1/\mu$ = rata-rata waktu pelayanan

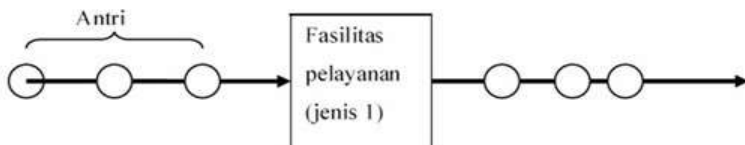
e = dasar logaritma, yaitu 2,71828

2.6.1.3 Proses Antrian

Proses antrian pada umumnya dikelompokkan ke dalam empat struktur dasar menurut (Kakiy,2004) , yaitu:

1. Single Channel, Single Phase

Single Channel berarti hanya ada satu jalur yang memasuki sistem pelayanan. Single Phase berarti hanya ada satu pelayanan. Contoh Single Channel Single Phase ditunjukkan pada Gambar 2.5 berikut :

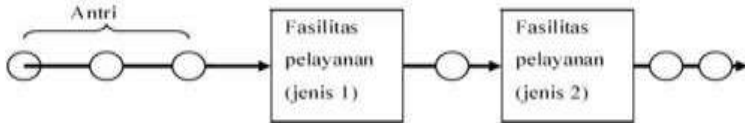


Gambar 2. 5Single Channel, Single Phase

(Sumber : <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>, 20 Desember 2017)

2. Single Channel, Multi Phase

Multi Phase yaitu menunjukkan ada lebih dari satu pelayanan yang dilaksanakan. Contoh Single Channel Multi Phase ditunjukkan pada Gambar 2.6 berikut :

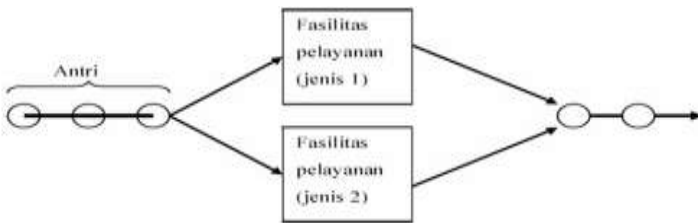


Gambar 2. 6Single Channel, Multi Phase

(Sumber : <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>, 20 Desember 2017)

3. Multi Channel, Single Phase

Multi Channel – Single Phase terjadi kapan saja di mana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal. Contoh Multi Channel Single Phase ditunjukkan pada Gambar 2.8 berikut :



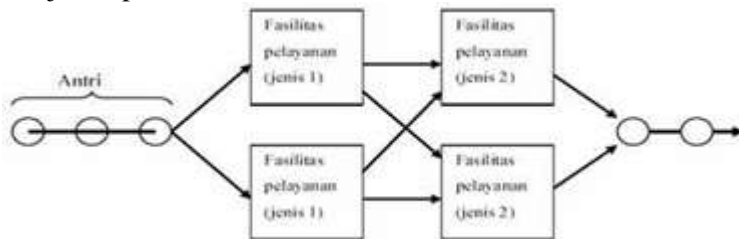
Gambar 2. 8 Multi Channel, Single Phase

(Sumber : <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>, 20 Desember 2017)

4. Multi Channel, Multi Phase

Multi Channel Multi Phase terdapat dua atau lebih fasilitas pelayanan yang dialiri lebih dari satu pelanggan dan dapat dilayani

pada waktu bersamaan. Contoh Multi Channel Multi Phase ditunjukkan pada Gambar 2.7 berikut :



Gambar 2. 7 Multi Channel, Multi Phase

(Sumber : <https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teori-antrian>, 20 Desember 2017)

2.6.2 Antrian

Antrian adalah proses menunggu giliran untuk segera dilayani. Terdapat 4 bentuk disiplin dalam antrian menurut urutan kedatangan antara lain adalah :

1. First In, First Out (FIFO) atau First Come First Served (FCFS)
Pelanggan yang datang lebih awal akan dilayani terlebih dahulu. Misalnya, antrian pada loket pembelian tiket sepak bola, antrian pada loket pembelian tiket kereta api. Contoh antrian FIFO ditunjukkan pada Gambar 2.9 berikut :



Gambar 2. 9 First In First Out

(Sumber : <http://chohmann.free.fr/SCM/fifo.htm>, 20 Desember 2017)

Cara perhitungan antrian FIFO adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (2.3)$$

$$q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} - \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (2.4)$$

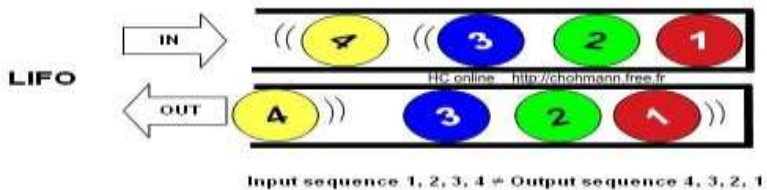
$$d = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (2.5)$$

$$w = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} = d \cdot \frac{1}{\mu} \quad (2.6)$$

Dimana:

- n = jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem
- q = jumlah rata-rata kendaraan dalam antrian
- d = waktu rata-rata kendaraan dalam sistem
- w = waktu rata-rata kendaraan dalam antrian
- λ = tingkat kedatangan
- μ = tingkat pelayanan
- ρ = perbandingan antara tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan

2. Last In First out (LIFO) atau Last Come First Served (LCFS)
Pelanggan yang datang paling akhir akan dilayani terlebih dahulu. Misalnya, sistem antrian pada bongkar muat truk dan pasien yang dalam rumah sakit dalam keadaan kritis. Contoh antrian LIFO ditunjukkan pada Gambar 2.10 berikut :



Gambar 2. 10 Last In First Out

(Sumber : <http://chohmann.free.fr/SCM/fifo.htm>, 20 Desember 2017)

3. Service In random Order (SIRO) atau random Selection for Service (RSS)

Pelanggan akan dipanggil secara random, jadi tidak menjadi masalah siapa yang datang dahulu. Seperti contohnya pada arisan yang berdasar pada nomor undian.

4. Priority Service (PS)

Prioritas pelayanan diberikan kepada pelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas yang lebih rendah, meskipun mungkin yang dahulu tiba di garis tunggu adalah yang terakhir datang. Contohnya yang terdapat pada rumah sakit dimana pasien yang dalam keadaan membahayakan akan di prioritaskan terlebih dahulu.

2.6.3 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (μ) adalah jumlah kendaraan atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit.

Selain tingkat pelayanan, juga dikenal Waktu Pelayanan (WP) yang dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh satu tempat pelayanan untuk dapat melayani sebuah antrian, yang biasa dinyatakan dalam satuan menit/kendaraan atau menit/orang, sehingga bisa disimpulkan bahwa :

$$WP = \frac{1}{\mu} \quad (2.8)$$

Dimana:

WP = Waktu pelayanan

μ = Tingkat pelayanan

Selain itu dikenal juga notasi ρ yang didefinisikan sebagai perbandingan antara tingkat kedatangan (λ) dengan tingkat pelayanan (μ) dengan persyaratan bahwa nilai tersebut selalu harus lebih kecil dari 1.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.9)$$

Dimana:

ρ = perbandingan antara tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan

μ = tingkat pelayanan

λ = tingkat kedatangan

Apabila nilai $\rho > 1$, hal ini berarti bahwa tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan. Jika hal ini terjadi, maka dapat dipastikan akan terjadi antrian yang akan selalu bertambah panjang (May, 1990:361).

BAB III METODOLOGI

3.1 UMUM

Pada bab ini menguraikan langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam Tugas Akhir. Metodologi merupakan kerangka dasar dari tahapan penyelesaian tugas akhir. Metodologi penulisan pada tugas akhir ini mencakup semua kegiatan yang dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan tugas akhir. Dalam Tugas Akhir ini, analisa yang dilakukan adalah Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang-Batang.

3.2 Langkah Penulisan

Langkah-langkah dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang-Batang adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah merupakan tahapan awal yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir. Dalam identifikasi masalah diperlukan peninjauan permasalahan utama yang ada dalam studi kasus yang kemudian akan dirangkum dalam sebuah rumusan masalah. Rumusan masalah yang telah dirangkum tersebut akan menjadi dasar permasalahan dalam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini. Identifikasi masalah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah peninjauan langsung pada jalan tol Pemalang-Batang. Pada tahap identifikasi masalah dilakukan pengamatan kondisi lapangan dan permasalahan yang terjadi sampai munculnya gagasan mengangkat topik tugas akhir tentang Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang-Batang. Sehingga yang perlu diidentifikasi antara lain adalah lokasi jalan tol, area mana saja yang dilewati dan faktor apa yang mempengaruhi dalam Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol.

2. Studi Literatur

Tahapan awal adalah melakukan studi literatur dengan tujuan untuk merangkum teoriteori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan Tugas Akhir ini. Studi literatur ini dapat diperoleh dari buku-buku yang berhubungan dengan proses penelitian dan jurnal-jurnal penelitian yang berhubungan dengan penelitian ini. Selain itu studi literatur juga bisa dilakukan dengan cara observasi lapangan dan tambahan pengetahuan melalui internet.

3. Pengumpulan Data

Terdapat 2 jenis data yang dikumpulkan yaitu data primer dan data sekunder.

- Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung dari lokasi penelitian. Data primer dapat berupa hasil wawancara, jajak pendapat dari individu atau kelompok, dan hasil observasi terhadap suatu objek kejadian atau kegiatan. Data primer yang dibutuhkan antara lain:

- a. Survey Waktu Pelayanan Gerbang Tol

Untuk mendapatkan data mengenai waktu pelayanan gerbang tol yang ada di lapangan diperlukan survey pada setiap golongan yang melewati gardu tol otomatis dan gardu tol *on board unit*. Berikut adalah form survey waktu pelayanan yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Formulir Waktu Pelayanan

GOL 1		
No	Waktu pelayanan (s)	Panjang Antrian (kendaraan)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		

- b. Survey Volume Lalu Lintas Jalan Eksisting Untuk mendapatkan persentase jumlah kendaraan berdasarkan arah dan tujuan
- Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang sudah ada. Data sekunder berasal dari instansi-instansi terkait objek penelitian dan data-data dari hasil studi terdahulu. Data sekunder yang dibutuhkan antara lain:

 - a. Data Geometri Jalan Tol

Data ini digunakan untuk mengetahui titik perencanaan gerbang tol Pemalang-Batang. Data geometri jalan tol diperoleh dari PT.PBTR selaku badan perencana jalan tol.
 - b. Data Volume Lalu Lintas Rencana Jalan Tol

Data ini digunakan untuk mendapatkan pembebanan pada tiap gerbang tol Pemalang - Batang. Data volume lalu lintas rencana didapat dari PT. PBTR selaku perencana jalan tol.

4. Analisis Data

Analisis data adalah tahapan dimana data yang didapatkan dari pengumpulan data direkapitulasi dan diolah yang kemudian data hasil olahan digunakan untuk menganalisis jalan yang ditinjau. Data volume kendaraan digunakan untuk perhitungan tingkat kedatangan, panjang antrian, dan lain-lain.

5. Kesimpulan

Setelah semua data diolah maka dapat memberikan kesimpulan dan saran terkait dengan Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol gerbang tol Pemalang-Batang. Hasil perencanaan dapat digunakan sebagai referensi bagi PT.Jasa Marga untuk memperhitungkan kebutuhan gerbang tol Pemalang-Batang.

3.3 Lokasi dan Waktu Perencanaan

3.3.1 Lokasi Perencanaan

Perencanaan akan dilaksanakan pada jalan tol Pemalang-Batang di Jawa Tengah. Survey waktu pelayanan gardu tol otomatis (GTO) dilakukan pada gerbang tol Waru sedangkan untuk gardu tol *on board unit* (OBU) dilakukan pada gerbang tol Cililitan karena gerbang tol tersebut sudah menerapkan sistem OBU. Lokasi survey ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan 3.2 berikut :



Gambar 3. 1 Gerbang tol Waru

(Sumber : <http://www2.jawapos.com/baca/artikel/3097/overlay-karena-banyak-kendaraan-berat>, 20 Desember 2017)



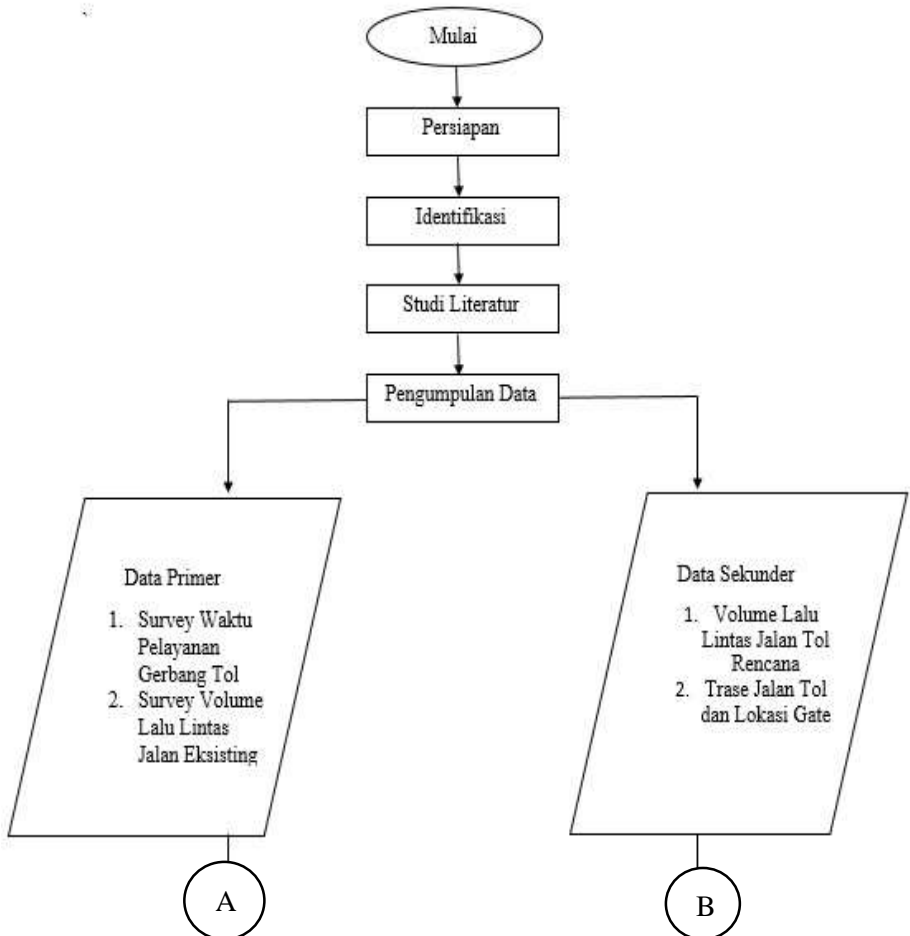
Gambar 3. 2Gerbang tol Cililitan
(<https://www.republika.co.id/berita/nasional/umum/17/10/30/oyn0tn423-jelang-100-persen-pembayaran-elektronik-di-tol>, 20 Desember 2017)

3.3.2 Waktu Perencanaan

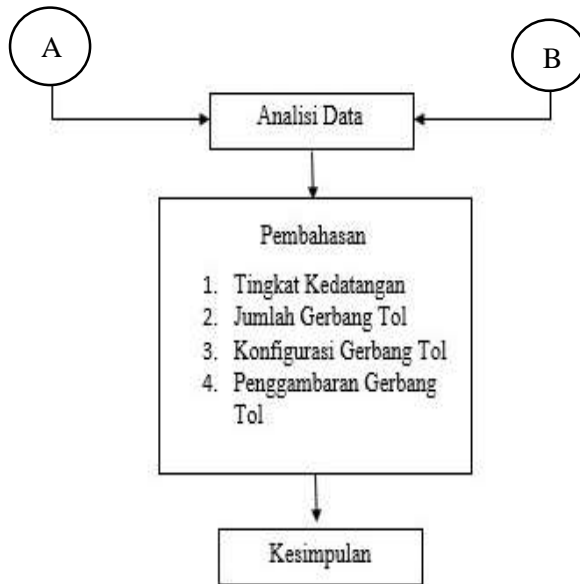
Survey lapangan untuk mendapatkan waktu pelayanan yang dibutuhkan pada gerbang tol akan dilakukan pada bulan Februari 2018.

3.4 Bagan Alir (Flow Chart)

Bagan Alir pengerjaan tugas akhir Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 Diagram Alir



Gambar 3.3 Diagram Alir (lanjutan)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

DATA PERENCANAAN

4.1 Umum

Tahap awal perencanaan tugas akhir adalah pengumpulan data yang kemudian data tersebut akan dianalisis agar mendapat hasil akhir yang diinginkan. Ada 2 jenis data yang dibutuhkan yaitu data primer dan data sekunder. Data sekunder adalah data yang sudah ada dan diperoleh dari instansi terkait maupun dari hasil studi terdahulu. Sedangkan data primer adalah data yang diperoleh dari hasil survey secara langsung.

4.2 Data Sekunder

4.2.1 Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana

Volume lalu lintas rencana jalan tol Pemalang - Batang diperoleh dari PT. Pemalang Batang Toll Road yang merupakan badan perencanaan jalan tol Pemalang - Batang. Data volume lalu lintas jalan tol rencana yang disajikan berupa volume lalu lintas rencana pada tiap simpang susun (SS) jalan tol pergolongan kendaraan. Data volume lalu lintas jalan tol rencana dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana

Tahun	Pemalang -	SS Pemalang -	SS Pekalongan -	SS Batang -
	SS Pemalang	SS Pekalongan	SS Batang	Batang
GOL 1	8475	8386	8563	8544
GOL 2	4157	4159	4055	4050
GOL 3	1711	1870	1854	1829
GOL 4	890	756	693	707
GOL 5	333	327	320	307
TOTAL	15566	15498	15485	15437

(sumber : PT. Pemalang Batang Toll Road)

4.2.2 Pertumbuhan Volume Lalu Lintas

Data persentase pertumbuhan volume lalu lintas jalan tol didapat dari PT. Pemalang – Batang Toll Road. Nantinya data ini digunakan untuk perencanaan pada waktu yang telah ditentukan. Data pertumbuhan volume lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Pertumbuhan Lalu Lintas

TAHUN	Golongan Kendaraan				
	Gol 1	Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5
2019	11%	11%	11%	11%	11%
2020	13%	13%	13%	13%	13%
2021	16%	16%	16%	16%	16%
2022	14%	14%	14%	14%	14%
2023	13%	13%	13%	13%	13%
2024	12%	12%	12%	12%	12%
2025	11%	11%	11%	11%	11%
2026	10%	10%	10%	10%	10%
2027	9%	9%	9%	9%	9%
2028 - 2029	8%	8%	8%	8%	8%
2030 - 2031	7%	7%	7%	7%	7%
2032 - 2036	6%	6%	6%	6%	6%
2037 - 2044	5%	5%	5%	5%	5%
2045 - 2057	4%	4%	4%	4%	4%

(sumber : PT. Pemalang Batang Toll Road)

4.3 Data Primer

4.3.1 Waktu Pelayanan Jalan Tol

Pada Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang - Batang ini direncanakan menggunakan 2 jenis gardu tol, yaitu gardu tol otomatis dan gardu tol on board unit. Pada peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol, telah ditetapkan gardu tol otomatis, namun belum mengatur tentang waktu pelayanan gardu tol on board unit. Sehingga dilakukan survei untuk mengetahui waktu pelayanan gardu tol on board unit pada tol lain yang sudah ada. Survey dilakukan pada 20 kendaraan pada setiap golongan. Hasil survei waktu pelayanan gardu tol disajikan pada Tabel 4.3-Tabel 4.8.

Tabel 4. 3 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

NO	GOL 1	
	Waktu pelayanan (detik)	Panjang Antrian (kendaraan)
1	8	0
2	6	1
3	7	1
4	8	1
5	6	1
6	6	1
7	8	1
8	8	1
9	6	1
10	10	1
11	8	1
12	10	0
13	7	1
14	8	1
15	6	1
16	8	0
17	7	1
18	8	1
19	9	0
20	6	0

Tabel 4. 4 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

NO	GOL 2	
	Waktu pelayanan (detik)	Panjang Antrian (kendaraan)
1	8	0
2	9	0
3	10	1
4	8	0
5	8	1
6	10	1
7	11	1
8	8	1
9	11	1
10	9	0
11	8	0
12	10	0
13	11	1
14	10	0
15	9	1
16	10	1
17	11	1
18	11	1
19	9	1
20	11	1

Tabel 4. 5 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

NO	GOL 3	
	Waktu pelayanan (detik)	Panjang Antrian (kendaraan)
1	9	0
2	11	1
3	12	1
4	10	0
5	11	0
6	10	0
7	11	1
8	12	1
9	11	1
10	13	1
11	9	1
12	12	0
13	11	1
14	13	1
15	14	1
16	11	0
17	12	0
18	11	0
19	12	1
20	10	1

Tabel 4. 6 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

NO	GOL 4	
	Waktu pelayanan (detik)	Panjang Antrian (kendaraan)
1	12	0
2	12	0
3	9	0
4	12	0
5	12	1
6	12	1
7	13	0
8	15	0
9	12	0
10	11	0
11	11	0
12	12	1
13	13	1
14	10	1
15	10	0
16	14	0
17	13	1
18	11	1
19	16	0
20	12	1

Tabel 4. 7 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

NO	GOL 5	
	Waktu pelayanan (detik)	Panjang Antrian (kendaraan)
1	18	0
2	14	0
3	14	0
4	14	0
5	16	0
6	16	0
7	16	1
8	16	1
9	14	1
10	14	1
11	16	0
12	15	1
13	14	1
14	17	1
15	16	1
16	18	0
17	14	1
18	14	1
19	15	0
20	18	0

Tabel 4. 8 Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit

NO	GOL 1 OBU	
	Waktu pelayanan (detik)	Panjang Antrian (kendaraan)
1	5	0
2	5	0
3	4	0
4	6	0
5	5	0
6	5	0
7	6	1
8	4	1
9	5	1
10	6	1
11	5	0
12	5	1
13	4	1
14	4	1
15	5	1
16	6	0
17	6	1
18	5	1
19	6	0
20	5	0

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Volume Kendaraan

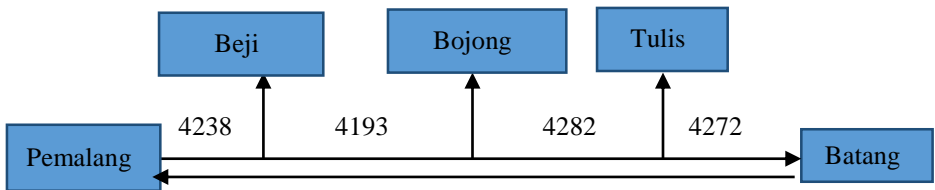
Data volume lalu lintas jalan tol rencana pada Bab IV merupakan jumlah perjalanan tiap simpang susun pada tol Pemalang – Batang yang kemudian digunakan untuk menentukan matriks asal tujuan. Untuk mendapatkan matriks asal tujuan digunakan metode furness. Metode ini berdasarkan estimasi faktor pertumbuhan (growth factor) untuk produksi perjalanan dan tarikan perjalanan, yaitu dua buah faktor pertumbuhan untuk setiap zona

Volume lalu lintas jalan tol rencana yang ada pada Tabel 4.1 terlebih dahulu dibagi menjadi dua arah yaitu kendaraan yang menuju ke arah timur dan kendaraan yang menuju ke arah barat dengan cara membagi 2 volume lalu lintas tiap simpang susun.

Berikut contoh perhitungan matriks asal tujuan :

Tabel 5. 1 Volume lalu lintas jalan tol Pemalang- Batang satu arah

	gol 1	gol 2	gol 3	gol 4	gol 5
Pemalang-Beji	4238	2079	856	445	167
Beji-Pemalang	4238	2079	856	445	167
Beji-Bojong	4193	2080	935	378	164
Bojong-Beji	4193	2080	935	378	164
Bojong-Tulis	4282	2028	927	347	160
Tulis-Bojong	4282	2028	927	347	160
Tulis-Batang	4272	2025	915	354	154
Batang-Tulis	4272	2025	915	354	154



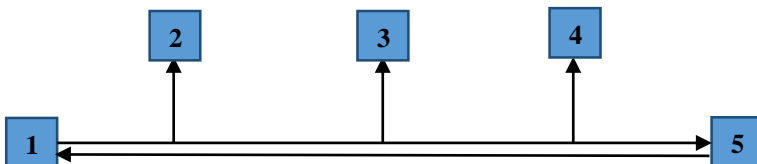
Gambar 5.1 Ilustrasi lalu lintas satu arah pada golongan 1

Setelah didapatkan data volume lalu lintas pada tiap ruas jalan tol rencana, langkah selanjutnya yaitu melakukan sum of square error yang dikombinasikan dengan metode furness dalam membuat matrik asal tujuannya. Dalam hal ini hanya digunakan volume awal dan akhir dari jalan tol.

Tabel 5. 2 Awal Matriks Asal Tujuan

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	O
Pemalang	0					4238
Beji		0				1000
Bojong			0			2000
Tulis				0		2000
Batang					0	
D	0	1000	2000	2000	4272	

Kemudian menggunakan metode sum of square error untuk mengukur perbedaan antara volume hasil matriks yang diperoleh dengan volume yang telah ditentukan sebelumnya dengan cara perbandingan selisih kuadrat. Untuk menentukan volume kendaraan digunakan ilustrasi sebagai berikut:



Gambar 5.2 Ilustrasi lalu lintas satu arah pada golongan 1

1. Volume kendaraan arah **1-2** = **(1-2)+(1-3)+(1-4)+(1-5)**
2. Volume kendaraan arah **2-3** = **(1-3)+(2-3)+(2-4)+(2-5)**
3. Volume kendaraan arah **3-4** = **(1-4)+(2-4)+(3-4)+(3-5)**

Volume kendaraan arah **4-5** = **(1-5)+(2-5)+(3-5)+(4-5)**

Dimana :

1 = Pemalang

2 = Beji

3 = Bojong

4 = Tulis

5 = Batang

Berikut adalah cara perhitungan matriks asal tujuan kendaraan golongan 1 yang terdapat pada Tabel 5.3 – Tabel 5.9.

Tabel 5. 3 Perhitungan Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	1	1	1	1	4	4238	1059,5
Beji	0	0	1	1	1	3	1000	333,333
Bojong	0	0	0	1	1	2	2000	1000
Tulis	0	0	0	0	1	1	2000	2000
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	1	2	3	4			
D	0	1000	2000	2000	4272			
fd	0	1000	1000	666,67	1068			

Tabel 5. 4 Perhitungan Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	1059,5	1059,5	1059,5	1059,5	4238	4238	1
Beji	0	0	333,33333	333,3333	333,3333	1000	1000	1
Bojong	0	0	0	1000	1000	2000	2000	1
Tulis	0	0	0	0	2000	2000	2000	1
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	1059,5	1392,8333	2392,833	4392,833			
D	0	1000	2000	2000	4272			
fd	0	0,943841	1,435922	0,835829	0,972493			

Tabel 5. 5 Perhitungan Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	1000	1521,359339	885,56	1030,356414	4437,28	4238	0,95509
Beji	0	0	478,6406605	278,61	324,1643586	1081,41	1000	0,92471
Bojong	0	0	0	835,83	972,4930758	1808,32	2000	1,106
Tulis	0	0	0	0	1944,986152	1944,99	2000	1,02828
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	1000	2000	2000	4272			
D	0	1000	2000	2000	4272			
fd	0	1	1	1	1			

Tabel 5. 6 Perhitungan Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	955,0903	1453,0355	845,7908	984,0834	4238	4238	1
Beji	0	0	442,606	257,6345	299,7595	1000	1000	1
Bojong	0	0	0	924,4251	1075,575	2000	2000	1
Tulis	0	0	0	0	2000	2000	2000	1
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	955,0903	1895,6415	2027,85	4359,418			
D	0	1000	2000	2000	4272			
fd	0	1,047021	1,0550518	0,986266	0,979947			

Tabel 5. 7 Perhitungan Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	1000	1533,027746	834,17	964,3499313	4331,55	4238	0,9784
Beji	0	0	466,972254	254,1	293,7485393	1014,82	1000	0,9854
Bojong	0	0	0	911,73	1054,006824	1965,74	2000	1,01743
Tulis	0	0	0	0	1959,894706	1959,89	2000	1,02046
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	1000	2000	2000	4272			
D	0	1000	2000	2000	4272			
fd	0	1	1	1	1			

Tabel 5. 8 Hasil Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1

golongan 1	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	996	1523	806	913
Beji	996	0	470	249	282
Bojong	1523	470	0	938	1062
Tulis	806	249	938	0	2000
Batang	913	282	1062	2000	0

Hasil akhir dari matriks kemudian dimasukkan ke dalam rumus berikut :

1. Volume kendaraan arah **1-2** = **(1-2)+(1-3)+(1-4)+(1-5)**
2. Volume kendaraan arah **2-3** = **(1-3)+(2-3)+(2-4)+(2-5)**
3. Volume kendaraan arah **3-4** = **(1-4)+(2-4)+(3-4)+(3-5)**
4. Volume kendaraan arah **4-5** = **(1-5)+(2-5)+(3-5)+(4-5)**

Sehingga dapat dimasukkan ke dalam perhitungan selisih jumlah sum of square error yang terdapat pada Tabel 5.9.

Tabel 5. 9 Perhitungan sum of square error pada golongan 1

Arah	Hasil Matriks	Volume Pema	Selisih	Matriks ²
v12	4238	4238	0	0
v23	4241,668477	4193	48,6685	2368,62
v34	4249,005138	4282	-32,995	1088,66
v45	4256,339432	4272	-15,661	245,253
Total	16985,01305	16985		

Hasil akhir dari matriks dapat digunakan ketika selisih jumlah volume kendaraan hampir sama atau mendekati volume awal. Berikut adalah hasil akhir matriks dan sum of square error pada kendaraan golongan 2 sampai golongan 5 yang ditunjukkan pada Tabel 5.10 – 5.17 .

Tabel 5. 10 Hasil Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 2

golongan 2	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	1791	216	20	61
Beji	1791	0	1283	119	365
Bojong	216	1283	0	361	1109
Tulis	20	119	361	0	490
Batang	61	365	1109	490	0

Tabel 5. 11 Perhitungan sum of square error pada golongan 2

Arah	Hasil Matriks	Volume Awal	Selisih	Matriks ²
v12	2088,216104	2079	9,2161	84,9366
v23	2064,000356	2080	-16	255,989
v34	2034,825548	2028	6,82555	46,5881
v45	2025	2025	0	0
Total	8212,042008	8212		

Tabel 5. 12 Hasil matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 3

golongan 3	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	808	36	7	6
Beji	808	0	655	120	101
Bojong	36	655	0	377	318
Tulis	7	120	377	0	500
Batang	6	101	318	500	0

Tabel 5. 13 Perhitungan sum of square error pada golongan 3

Arah	Hasil Matriks	Volume Awal	Selisih	Matriks ²
v12	856	856	0	0
v23	924,3716919	935	-10,63	112,961
v34	928,0855582	927	1,0856	1,17844
v45	924,5874139	915	9,5874	91,9185
Total	3633,044664	3633		

Tabel 5. 14 Hasil Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 4

golongan 4	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	360	30	13	11
Beji	360	0	186	79	67
Bojong	30	186	0	108	91
Tulis	13	79	108	0	184
Batang	11	67	91	184	0

Tabel 5. 15 Perhitungan sum of square error pada golongan 4

Arah	Hasil Matriks	Volume Awal	Selisih	Matriks ²
v12	414,0271333	445	-30,973	959,318
v23	386,4038637	378	8,40386	70,6249
v34	369,6277258	347	22,6277	512,014
v45	354	354	0	0
Total	1524,058723	1524		

Tabel 5. 16 Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 5

golongan 5	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	149	16	2	1
Beji	149	0	122	18	6
Bojong	16	122	0	101	32
Tulis	2	18	101	0	116
Batang	1	6	32	116	0

Tabel 5. 17 Perhitungan sum of square error pada golongan 5

Arah	Hasil Matriks	Volume Awal	Selisih	Matriks ²
v12	167,4662253	167	0,46623	0,21737
v23	164,3797567	164	0,37976	0,14422
v34	159,226015	160	-0,774	0,59905
v45	154	154	0	0
Total	645,071997	645		

5.1.1 Analisis Tingkat Kedatangan

Matriks asal tujuan pada sub Bab 5.1 masih berupa data volume lalu lintas harian rata-rata. Sehingga matriks asal tujuan ini perlu dikalikan dengan faktor k agar menjadi lalu lintas pada jam puncak. Mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 Jalan Bebas Hambatan (JBH), pada Tabel A.6 digunakan faktor k sebesar 0,11 yang dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut :

Tabel 5.18 Anggapan umum untuk perencanaan tipikal JBH4/2 dan JBH6/2 yang ideal

Tipe	JBH4/2	JBH6/2
Fungsi jalan	Arteri atau kolektor	Arteri atau kolektor
Jalur lalu lintas	2x2 lajur (masing-masing lebar lajur 3,50m)	3x2 lajur (masing-masing lebar lajur 3,50m)
Median	Ada	Ada
Bahu jalan	Lebar bahu efektif rata-rata: <ul style="list-style-type: none"> • 3,0m (dalam 0,50m dan luar 2,50m) per arah pada medan datar dan perbukitan; • 2,0m (dalam 0,25m dan luar 1,50m) per arah pada medan pegunungan. 	Lebar bahu efektif rata-rata: <ul style="list-style-type: none"> • 3,0m (dalam 0,50m dan luar 2,50m) per arah pada medan datar dan perbukitan; • 2,0m (dalam 0,25m dan luar 1,50m) per arah pada medan pegunungan.
Jarak pandang	75% dari segmen mempunyai jarak pandang $\geq 300\text{m}$ ($KJP = A$)	75% dari segmen mempunyai jarak pandang $\geq 300\text{m}$ ($KJP = A$)
Tipe alinemen	Datar, bukit, atau gunung	Datar, bukit, atau gunung
Lingkungan	Daerah luar kota	Daerah luar kota (umumnya pedalaman)
Komposisi lalu lintas	KR 63%; KS 25%; BB 8%; TR+TB 4%	KR 63%; KS 25%; BB 8%; TR+TB 4%
Faktor k	0,11 ($q_p = 0,11 \text{ LHRT}$)	0,11 ($q_p = 0,11 \text{ LHRT}$)
Pemisahan arah	50/50	50/50

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 Jalan Bebas Hambatan, Tabel A.6)

Contoh perhitungan pengalihan matriks asal tujuan menggunakan faktor k sebagai berikut:

- Jumlah kendaraan golongan I (Tabel 5.8) arah Pemalang ke Beji = 996 kendaraan/hari.
- Faktor $k = 0,11$
- Jumlah kendaraan pada jam puncak = $996 \times 0,11 = 109,56 = 110$ kendaraan/jam

Berikut hasil matriks asal tujuan untuk golongan 1-5 setelah dikalikan dengan faktor k dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 5. 19 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan I

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	110	168	89	100
Beji	110	0	52	27	31
Bojong	168	52	0	103	117
Tulis	89	27	103	0	220
Batang	100	31	117	220	0

Tabel 5. 20 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan II

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	197	24	2	7
Beji	197	0	141	13	40
Bojong	24	141	0	40	122
Tulis	2	13	40	0	54
Batang	7	40	122	54	0

Tabel 5. 21 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan III

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	89	4	1	1
Beji	89	0	72	13	11
Bojong	4	72	0	41	35
Tulis	1	13	41	0	55
Batang	1	11	35	55	0

Tabel 5. 22 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan IV

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	40	3	1	1
Beji	40	0	20	9	7
Bojong	3	20	0	12	10
Tulis	1	9	12	0	20
Batang	1	7	10	20	0

Tabel 5. 23 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan V

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	16	2	0	0
Beji	16	0	13	2	1
Bojong	2	13	0	11	4
Tulis	0	2	11	0	13
Batang	0	1	4	13	0

Setelah mendapatkan matriks asal tujuan pada arus jam puncak, selanjutnya yaitu mendistribusikan kendaraan masing-masing golongan pada setiap gerbang tol yang direncanakan. Karena pada jalan tol Pemalang - Batang ini direncanakan gerbang tol sistem tertutup, maka distribusi kendaraan bisa didapatkan dari

hasil penjumlahan matriks asal tujuan, penjumlahan secara horizontal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk ke gerbang, dan penjumlahan secara vertikal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang keluar dari gerbang. Distribusi kendaraan pada tiap tiap gerbang tol dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut:

Tabel 5. 24 Distribusi kendaraan keluar masuk gerbang tol golongan 1

Golongan 1					
Zona	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	Beji	110	110		
Pemalang	Bojong	168	168		
Pemalang	Tulis	89		89	
Pemalang	Batang	100			100
Beji	Bojong		52	52	
Beji	Tulis		27	27	
Beji	Batang		31		31
Beji	Pemalang	110	110		
Bojong	Tulis			103	103
Bojong	Batang			117	117
Bojong	Beji		52	52	
Bojong	Pemalang	168		168	
Tulis	Batang				220
Tulis	Bojong			103	103
Tulis	Beji		27	27	
Tulis	Pemalang	89			89
Batang	Tulis			220	220
Batang	Bojong			117	117
Batang	Beji		31		31
Batang	Pemalang	100			100

Contoh perhitungan distribusi kendaraan golongan 1 sebagai berikut:

- Jumlah kendaraan golongan I yang masuk ke gerbang Pemalang (orange) = $110 + 168 + 89 + 100 = 466$
- Jumlah kendaraan golongan I yang keluar dari gerbang Pemalang (biru) = $110 + 168 + 89 + 100 = 466$

Berikut adalah hasil akhir distribusi kendaraan keluar masuk gerbang tol Pemalang – Batang yang ditunjukkan pada Tabel 5.25 dan Tabel 5.26.

Tabel 5. 25 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang

Jumlah Kendaraan Masuk gerbang					
Golongan	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
1	466	220	439	439	468
2	122	391	327	109	223
3	94	185	152	111	102
4	46	76	46	42	39
5	18	32	30	26	17
Total	746	905	994	728	849

Tabel 5. 26 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang

Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang					
Golongan	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
1	466	110	439	439	468
2	230	283	327	109	223
3	95	185	152	110	102
4	46	76	46	42	39
5	18	32	30	26	17
Total	855	687	994	727	849

Berdasarkan hasil dari perhitungan yang didapat sebelumnya, maka dapat disimpulkan volume keluar masuk gerbang tol Pemalang – Batang pada tahun 2019 sebagai berikut :

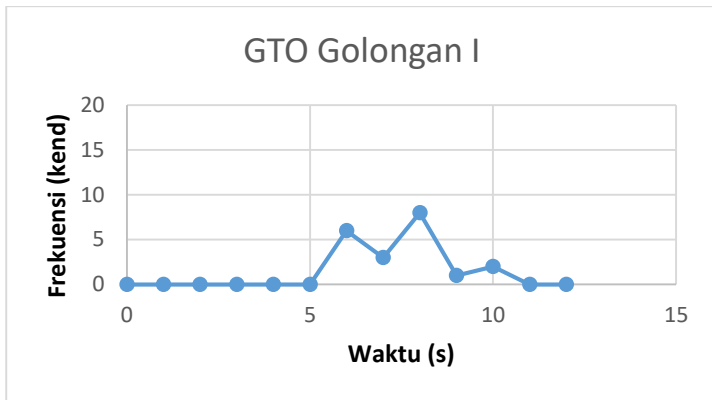
- Gerbang I Pemalang, volume kendaraan arah masuk sebesar 746 kend/jam, arah keluar 855 kend/jam.
- Gerbang II Beji, volume kendaraan arah masuk sebesar 905 kend/jam, arah keluar 687 kend/jam.
- Gerbang III Bojong, volume kendaraan arah masuk sebesar 994 kend/jam, arah keluar 994 kend/jam.
- Gerbang IV Tulis, volume kendaraan arah masuk sebesar 728 kend/jam, arah keluar 727 kend/jam.
- Gerbang V Batang, volume kendaraan arah masuk sebesar 849 kend/jam, arah keluar 849 kend/jam.

5.2 Analisis Waktu Pelayanan

Dalam Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang - Batang menggunakan sistem gerbang tol otomatis dan gerbang tol on board unit sehingga perlu diadakannya analisis waktu pelayanan untuk tiap jenis gerbang (Tabel 4.3 – Tabel 4.8). Kemudian data yang sudah ada terlebih dahulu dicari frekuensi, frekuensi kumulatif, persentase dan persentase kumulatif untuk setiap detik. Berikut adalah contoh perhitungan waktu pelayanan pada gerbang tol setiap golongan kendaraan.

Tabel 5. 27 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis
Golongan 1

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	6	6	30	30
7	3	9	15	45
8	8	17	40	85
9	1	18	5	90
10	2	20	10	100
11	0	20	0	100
12	0	20	0	100



Gambar 5. 3 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 1

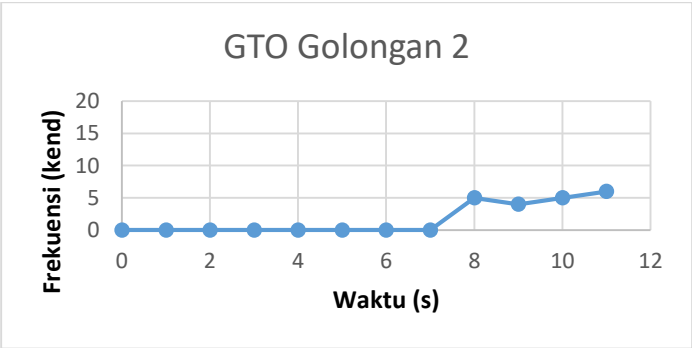
Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.27 di atas :

Rata-rata	: 7,5 detik
Median	: 8 detik
Modus	: 8 detik
Presentase Kumulatif	: 50% = 7,125 detik
	: 80% = 7,875 detik
Waktu Pelayanan	: 7,875 detik

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 7,875 detik.

Tabel 5. 28 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 2

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	5	5	25	25
9	4	1	20	45
10	5	6	25	70
11	6	12	30	100



Gambar 5. 4 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 2

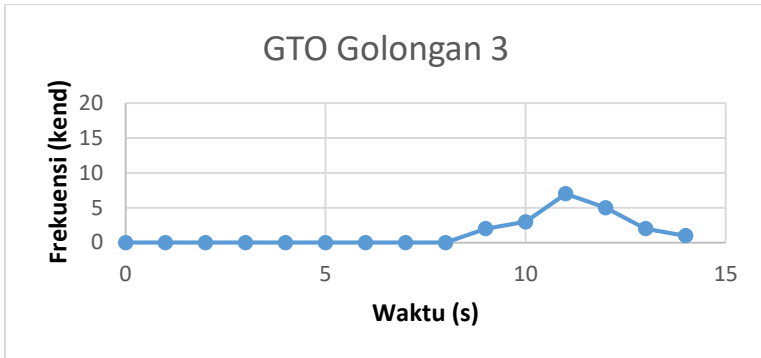
Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.28 di atas :

Rata-rata	: 9,6 detik
Median	: 10 detik
Modus	: 11 detik
Presentase Kumulatif	: 50% = 9,25 detik
	: 80% = 10,33 detik
Waktu Pelayanan	: 10,33 detik

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 2 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 10,33 detik.

Tabel 5. 29 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 3

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	2	2	10	10
10	3	5	15	25
11	7	12	35	60
12	5	17	25	85
13	2	19	10	95
14	1	20	5	100



Gambar 5. 5 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 3

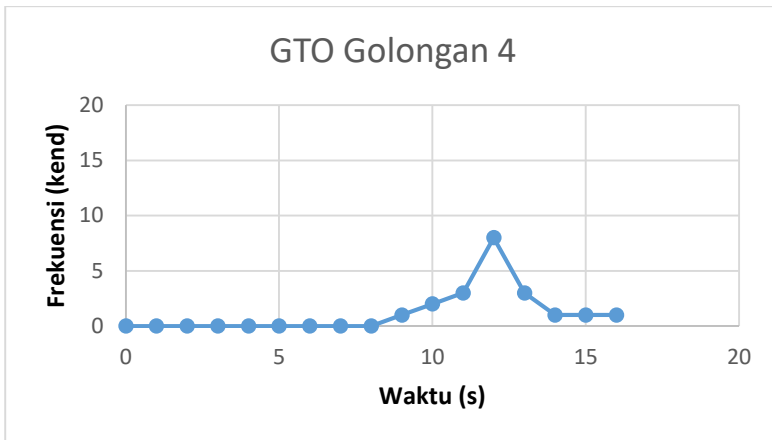
Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.29 di atas :

Rata-rata	: 11,25 detik
Median	: 11 detik
Modus	: 11 detik
Presentase Kumulatif	: 50% = 10,7 detik
	: 80% = 11,8 detik
Waktu Pelayanan	: 11,25 detik

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 3 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 11,25 detik.

Tabel 5. 30 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 4

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	1	1	5	5
10	2	3	10	15
11	3	6	15	30
12	8	14	40	70
13	3	17	15	85
14	1	18	5	90
15	1	19	5	95
16	1	20	5	100



Gambar 5. 6 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 4

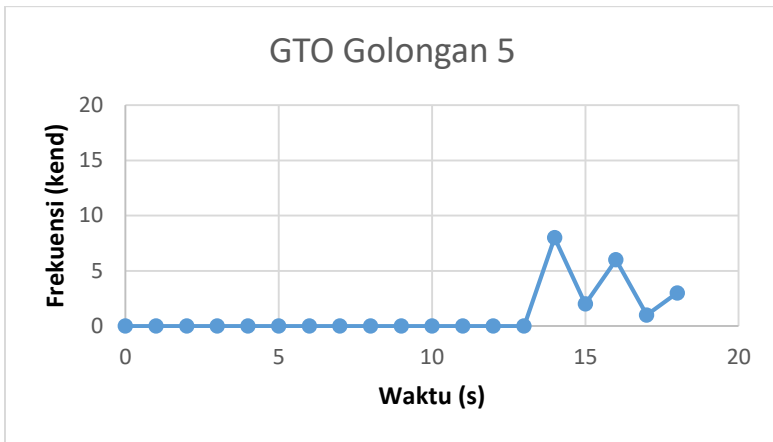
Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.30 di atas :

Rata-rata	: 12,1 detik
Median	: 12 detik
Modus	: 12 detik
Presentase Kumulatif	: 50% = 11,5 detik
	: 80% = 12,67 detik
Waktu Pelayanan	: 12,1 detik

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 4 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 12,1 detik.

Tabel 5. 31 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 5

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	8	8	40	40
15	2	10	10	50
16	6	16	30	80
17	1	17	5	85
18	3	20	15	100



Gambar 5. 7 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 5

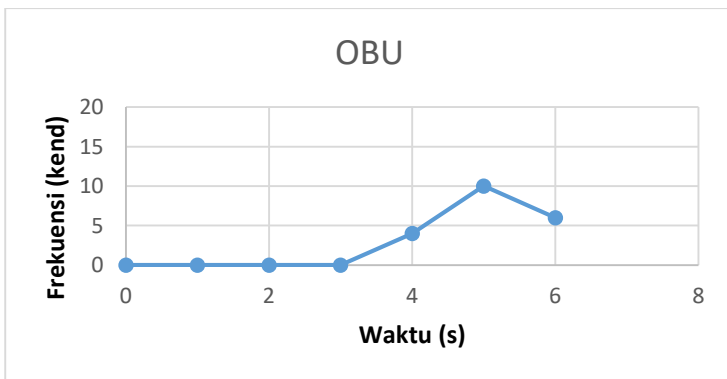
Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.31 di atas :

Rata-rata : 15,45 detik
 Median : 15,5 detik
 Modus : 14 detik
 Presentase Kumulatif : 50% = 15 detik
 : 80% = 16 detik
 Waktu Pelayanan : 15,45 detik

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 15,45 detik.

Tabel 5. 32 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis On Board Unit (OBU)

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	4	4	20	20
5	10	14	50	70
6	6	20	30	100



Gambar 5. 8 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit (OBU)

Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.32 di atas :

Rata-rata : 5,1 detik
 Median : 5 detik
 Modus : 5 detik
 Presentase Kumulatif : 50% = 4,6 detik
 : 80% = 5,3 detik
 Waktu Pelayanan : 5,1 detik

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 5,1 detik.

5.2.1 Analisis Tingkat Pelayanan (μ)

Pada Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang - Batang memerlukan tingkat pelayanan untuk keseluruhan gardu tol yang direncanakan pada tiap gerbang. Analisis tingkat pelayanan ini menggunakan data waktu pelayanan dari tiap golongan yang sudah dianalisis pada sub Bab 5.2 dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan sesuai Tabel 5.25 dan 5.26. Dalam perencanaan ini kendaraan golongan I menggunakan proporsi 50% masuk ke gardu tol otomatis khusus golongan I, 25% masuk ke gardu tol otomatis dan 25% masuk ke gardu tol On Board Unit.

Berikut merupakan contoh perhitungan tingkat pelayanan untuk Gerbang tol Pemalang - Batang pada GTO Masuk yang dapat dilalui semua golongan kendaraan pada tahun 2019:

Waktu Pelayanan :

- | | | |
|-----------------|--|-------|
| 1. Golongan I | = 7,875 detik \rightarrow 3600/7,875 | = 457 |
| 2. Golongan II | = 10,33 detik \rightarrow 3600/10,33 | = 349 |
| 3. Golongan III | = 11,25 detik \rightarrow 3600/11,25 | = 320 |
| 4. Golongan IV | = 12,1detik \rightarrow 3600/12,1 | = 297 |
| 5. Golongan V | = 15,45 detik \rightarrow 3600/15,45 | = 233 |

Tingkat Kedatangan :

- | | |
|-----------------|----------------------------|
| 1. Golongan I | = 466 x 25% = 117 kend/jam |
| 2. Golongan II | = 122 kend/jam |
| 3. Golongan III | = 94 kend/jam |
| 4. Golongan IV | = 46 kend/jam |
| 5. Golongan V | = 18 kend/jam |

$$\mu = \frac{(117 \times 457) + (122 \times 349) + (94 \times 320) + (46 \times 297) + (18 \times 233)}{117 + 122 + 94 + 46 + 18}$$

$$= 244 \text{ kend/jam}$$

Tabel 5. 33 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol 2019

Gerbang Tol	Gardu		μ (kend/jam)
Pemalang	GTO	Masuk	244
		Keluar	266
	GTO Khusus	Masuk	457
		Keluar	457
	OBU	Masuk	706
		Keluar	706
Beji	GTO	Masuk	219
		Keluar	186
	GTO Khusus	Masuk	457
		Keluar	457
	OBU	Masuk	706
		Keluar	706
Bojong	GTO	Masuk	248
		Keluar	248
	GTO Khusus	Masuk	457
		Keluar	457
	OBU	Masuk	706
		Keluar	706
Tulis	GTO	Masuk	224
		Keluar	224
	GTO Khusus	Masuk	457
		Keluar	457
	OBU	Masuk	706
		Keluar	706
Batang	GTO	Masuk	266
		Keluar	266
	GTO Khusus	Masuk	457
		Keluar	457
	OBU	Masuk	706
		Keluar	706

Berdasarkan hasil dari perhitungan yang didapat sebelumnya, maka diperoleh waktu pelayanan gerbang tol Pemalang – Batang pada tahun 2019 sebagai berikut :

- Kendaraan golongan 1 membutuhkan waktu 7,875 detik
- Kendaraan golongan 2 membutuhkan waktu 10,33 detik
- Kendaraan golongan 3 membutuhkan waktu 11,25 detik
- Kendaraan golongan 4 membutuhkan waktu 12,1 detik
- Kendaraan golongan 5 membutuhkan waktu 15,45 detik
- Kendaraan yang menggunakan alat *On Board Unit* membutuhkan waktu 5,1 detik

5.3 Analisis Jumlah Gardu Tol Tahun 2019

Setelah menganalisis tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan pada setiap gerbang tol Pemalang - Batang, selanjutnya dilakukan analisis intensitas lalu lintas untuk mengetahui jumlah setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis, gardu tol otomatis khusus dan gardu tol On Board Unit. Untuk menganalisis intensitas lalu lintas gardu tol otomatis, gardu tol otomatis khusus dan gardu tol On Board Unit digunakan waktu pelayanan yang didapat dari hasil survey yang telah dilakukan. Gerbang tol Pemalang - Batang direncanakan menggunakan sistem gerbang tol tertutup.

5.3.1 Intensitas Lalu Lintas Gerbang Tol

Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang - Batang menggunakan gardu tol otomatis, gardu tol otomatis khusus dan gardu tol On Board Unit. Dalam perencanaan ini proporsi kendaraan yang masuk pada setiap jenis gerbang tol berbeda sesuai penjelasan pada sub Bab 5.2.1. Sedangkan kendaraan golongan II – golongan V hanya masuk ke gardu tol otomatis.

Berikut merupakan contoh analisis intensitas lalu lintas pada gerbang tol Pemalang tahun 2019 :

Gardu Tol Masuk

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I	: 1 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 2 gardu
Jumlah gardu On Board Unit	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 233 kend./jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 397 kend./jam
λ_3 gardu On Board Unit	: 117 kend./jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 457 kend./jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 244 kend./jam
μ_3 gardu On Board Unit	: 706 kend./jam

- **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N_1}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{233/1}{457}$$

$$\rho_1 = 0.510 < 1 \text{ (OK)}$$

- **Gardu tol otomatis :**

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N_2}{\mu_2}$$

$$\rho_2 = \frac{397/2}{244}$$

$$\rho_2 = 0.812 < 1 \text{ (OK)}$$

- **Gardu tol On Board Unit :**

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N_3}{\mu_3}$$

$$\rho_3 = \frac{117/1}{706}$$

$$\rho_3 = 0.165 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 dan ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka intensitas lalu lintas pada gerbang tol Pemalang arah masuk tergolong aman.

- **Gardu Tol Keluar**

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 1 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 3 gardu
Jumlah (N) gardu On Board Unit	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 233 kend./jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 506 kend./jam
λ_3 gardu On Board Unit	: 117 kend./jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 457 kend./jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 266 kend./jam
μ_3 gardu On Board Unit	: 706 kend./jam

- **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N_1}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{233/1}{457}$$

$$\rho_1 = 0.510 < 1 \text{ (OK)}$$

- **Gardu tol otomatis :**

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N_2}{\mu_2}$$

$$\rho_2 = \frac{506/3}{266}$$

$$\rho_2 = 0.633 < 1 \text{ (OK)}$$

- **Gardu tol On Board Unit :**

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N_3}{\mu_2}$$

$$\rho_3 = \frac{117/1}{706}$$

$$\rho_3 = 0.165 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 dan ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka intensitas lalu lintas pada gerbang tol Pemalang arah keluar aman.

Berikut merupakan Tabel hasil Analisis Intensitas Lalu Lintas untuk tiap gerbang tol :

Tabel 5. 34 Intensitas Lalu Lintas Gerbang Tol PBTR tahun 2019

Gerbang Tol	Gardu		N	λ	μ	ρ
Pemalang	GTO	Masuk	2	397	244	0.812
		Keluar	3	506	266	0.633
	GTO Khusus	Masuk	1	233	457	0.510
		Keluar	1	233	457	0.510
	OBU	Masuk	1	117	706	0.165
		Keluar	1	117	706	0.165
Beji	GTO	Masuk	4	740	220	0.842
		Keluar	4	604	186	0.813
	GTO Khusus	Masuk	1	110	457	0.240
		Keluar	1	55	457	0.120
	OBU	Masuk	1	55	706	0.078
		Keluar	1	27	706	0.039
Bojong	GTO	Masuk	4	664	249	0.668
		Keluar	4	665	249	0.668
	GTO Khusus	Masuk	1	220	457	0.481
		Keluar	1	220	457	0.481
	OBU	Masuk	1	110	706	0.156
		Keluar	1	110	706	0.156

Tabel 5. 35 Intensitas Lalu Lintas Gerbang Tol PBTR tahun 2019
(lanjutan)

Tulis	GTO	Masuk	3	398	224	0.592
		Keluar	3	398	224	0.590
	GTO Khusus	Masuk	1	220	457	0.481
		Keluar	1	220	457	0.481
	OBU	Masuk	1	110	706	0.156
		Keluar	1	110	706	0.156
Batang	GTO	Masuk	2	279	266	0.525
		Keluar	2	281	266	0.509
	GTO Khusus	Masuk	1	234	457	0.512
		Keluar	1	234	457	0.512
	OBU	Masuk	1	117	706	0.166
		Keluar	1	117	706	0.166

Keterangan :

N = Jumlah Gardu tol

λ = Jumlah kendaraan

μ = Waktu pelayanan (kend/jam)

ρ = Intensitas lalu lintas

Dikarenakan ρ yang dianalisis < 1 , maka intensitas lalu lintas pada gerbang tol PBTR arah masuk dan keluar tergolong aman.

5.3.2 Analisis Antrian pada Gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang tol PBTR menggunakan analisis antrian *First in First out (FIFO)*. Analisis antrian pada gerbang dilakukan untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi dan waktu mengantri pada gerbang tol. Analisis antrian ini menggunakan jumlah gardu tol yang sama pada analisis intensitas lalu lintas.

Berikut merupakan contoh analisis antrian gerbang tol Pemalang pada tahun 2019 :

Diketahui :

- **Gardu Tol Masuk**

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I	: 1 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 2 gardu
Jumlah (N) gardu On Board Unit	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 233 kend./jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 397 kend./jam
λ_3 gardu On Board Unit	: 117 kend./jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 457 kend./jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 244 kend./jam
μ_3 gardu On Board Unit	: 706 kend./jam
ρ_1	: 0.510
ρ_2	: 0.812
ρ_3	: 0.165

- **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.510}{1-0.510} = 1.04 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.510^2}{1-0.510} = 0.53 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{457 - 233/1} \times 3600 = 16,10 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 16,10 - \frac{1}{457} \times 3600 = 8.20 \text{ detik}$$

- **Gardu tol otomatis :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.812}{1-0.812} = 3.51 \approx 4 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.812^2}{1-0.812} = 2.75 \approx 3 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{244 - 397/2} \times 3600 = 78.5 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 78.5 - \frac{1}{244} \times 3600 = 63.8 \text{ detik}$$

- **Gardu tol On Board Unit :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.165}{1-0.165} = 0.1931 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.165^2}{1-0.165} = 0.031 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{706 - 117/1} \times 3600 = 6.1 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 6.1 - \frac{1}{706} \times 3600 = 1 \text{ detik}$$

Gardu Tol Keluar

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 1 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 3 gardu
Jumlah (N) gardu On Board Unit	: 1 gardu
$\lambda 1$ gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 233 kend./jam
$\lambda 2$ gardu tol otomatis	: 506 kend./jam
$\lambda 3$ gardu On Board Unit	: 117 kend./jam
$\mu 1$ gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 457 kend./jam
$\mu 2$ gardu tol otomatis	: 266 kend./jam
$\mu 3$ gardu On Board Unit	: 706 kend./jam
$\rho 1$: 0.510
$\rho 2$: 0.633
$\rho 3$: 0.165

• Gardu tol otomatis khusus :

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.510}{1-0.510} = 1.04 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.510^2}{1-0.510} = 0.53 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{457 - 233/1} \times 3600 = 16.10 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 16.10 - \frac{1}{457} \times 3600 = 8.20 \text{ detik}$$

• Gardu tol otomatis :

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.633}{1-0.633} = 1.72 \approx 2 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.633^2}{1-0.633} = 1.09 \approx 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{266 - 506/3} \times 3600 = 36.9 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 36.9 - \frac{1}{266} \times 3600 = 23.37 \text{ detik}$$

• **Gardu tol On Board Unit :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0.165}{1 - 0.165} = 0.193 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.165^2}{1 - 0.165} = 0.031 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{706 - 117/1} \times 3600 = 6.1 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 6.1 - \frac{1}{706} \times 3600 = 1 \text{ detik}$$

Berikut merupakan Tabel hasil Analisis Intensitas Lalu Lintas untuk tiap gerbang tol :

Tabel 5. 36 Analisis Lalu Lintas Gerbang Tol PBTR
Tahun 2019

Gerbang tol	Gardu Tol		n	q	d	w
			kend	kend	dtk	dtk
Pemalang	GTO khusus	Masuk	1,04	0,56	16,10	8,20
		Keluar	1,04	0,56	16,10	8,20
	GTO	Masuk	4,32	3,51	78,50	63,81
		Keluar	1,72	1,09	36,90	23,37
	OBU	Masuk	0,19	0,03	5,96	0,97
		Keluar	0,19	0,03	5,97	0,97
Beji	GTO khusus	Masuk	0,32	0,08	10,60	2,58
		Keluar	0,14	0,02	9,11	1,11
	GTO	Masuk	4,35	3,53	103,70	87,31
		Keluar	3,66	2,87	103,10	84,00

Tabel 5. 37 Analisis Lalu Lintas Gerbang Tol PBTR
Tahun 2019 (lanjutan)

	OBU	Masuk	0,08	0,01	5,41	0,41
		Keluar	0,03	0,00	5,19	0,19
Bojong	GTO khusus	Masuk	0,95	0,46	15,62	7,62
		Keluar	1,80	0,46	15,62	7,64
	GTO	Masuk	1,80	1,16	39,17	25,22
		Keluar	1,80	1,16	39,18	25,22
	OBU	Masuk	0,17	0,02	5,89	0,89
		Keluar	0,17	0,02	5,89	0,89
Tulis	GTO khusus	Masuk	0,95	0,46	15,62	7,62
		Keluar	0,95	0,46	15,62	7,62
	GTO	Masuk	1,31	0,74	35,72	20,30
		Keluar	1,30	0,73	35,48	20,09
	OBU	Masuk	0,17	0,02	5,89	0,89
		Keluar	0,17	0,02	5,89	0,89
Batang	GTO khusus	Masuk	1,08	0,56	16,67	8,67
		Keluar	1,08	0,56	16,70	8,67
	GTO	Masuk	1,02	0,51	26,33	13,30
		Keluar	1,03	0,52	26,52	13,49
	OBU	Masuk	0,19	0,03	5,97	0,97
		Keluar	0,19	0,03	5,97	0,97

Keterangan :

n = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem

q = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian

d = waktu kendaraan atau orang dalam sistem

q = waktu kendaraan atau orang dalam antrian

Dikarenakan nilai q yang dianalisis < 10 , maka panjang antrian pada gerbang tol tergolong aman.

Berdasarkan hasil dari perhitungan yang didapat sebelumnya, maka diperoleh jumlah gardu tol Pemalang – Batang pada tahun 2019 sebagai berikut :

- Gerbang I Pemalang arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Beji arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 4 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 4 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Bojong arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 4 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 4 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Tulis arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Batang arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.

5.4 Analisis Jumlah Gardu Tol tahun 2034

Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol PBTR pada tahun 2034 dilakukan untuk mengetahui kemampuan gerbang tol dalam melayani kendaraan yang lewat setelah adanya peningkatan pertumbuhan jumlah kendaraan dari perencanaan sebelumnya yaitu tahun 2019. Data yang digunakan dalam perencanaan ini sama dengan data-data yang digunakan pada Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol PBTR pada tahun 2019, yaitu data lalu lintas. Akan tetap data pada Tabel 4.1 harus dikalikan dahulu dengan persentase pertumbuhan volume kendaraan pada tahun 2034 yang terdapat pada Tabel 4.2. Setelah itu dilakukan tahap

yang sama pada perencanaan sebelumnya, yaitu membuat matriks asal tujuan dengan metode furness dan sum of square error. Berikut merupakan matriks asal tujuan tol PBTR tahun 2034 :

Tabel 5. 38 Perhitungan sum of square error pada golongan 1

v12	9027	9027	0	0
v23	9040,586	8931	109,4958	11989,32
v34	9052,813	9121	-67,8471	4603,223
v45	9057,794	9099	-41,5656	1727,7
Total	36178,19	36178,11		

Tabel 5. 398 Mastriks asal tujuan kendaraan pada golongan 1

Golongan 1	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	2986	1796	513	3731
Beji	2986	0	892	255	1853
Bojong	1796	892	0	327	2373
Tulis	513	255	327	0	1100
Batang	3731	1853	2373	1100	0

Tabel 5. 40 Perhitungan sum of square error pada golongan 2

v12	4413,695	4428	-14,5755	212,4446
v23	4404,37	4430	-26,03	677,5618
v34	4360,375	4320	40,73501	1659,341
v45	4313,25	4313	0	0
Total	17491,69	17491,56		

Tabel 5. 41 Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 2

Golongan 2	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	2000	1896	356	161
Beji	2000	0	1564	294	133
Bojong	1896	1564	0	2350	1066
Tulis	356	294	2350	0	2953
Batang	161	133	1066	2953	0

Tabel 5. 42 Perhitungan sum of square error pada golongan 3

v12	1823,28	1823	0	0
v23	1882,846	1992	-108,704	11816,66
v34	1972,328	1975	-2,1825	4,763286
v45	2060,523	1949	111,5733	12448,6
Total	7738,976	7738,29		

Tabel 5. 43 9 Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 3

Golongan 3	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	940	684	190	8
Beji	940	0	775	216	9
Bojong	684	775	0	1486	63
Tulis	190	216	1486	0	1980
Batang	8	9	63	1980	0

Tabel 5. 44 Perhitungan sum of square error pada golongan 4

v12	867,4631	948	-80,3869	6462,061
v23	833,5337	805	28,39367	806,2004
v34	791,1073	7 39	51,99734	2703,723
v45	754,02	754	0	0
Total	3246,124	3246,12		

Tabel 5. 45 Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 4

Golongan 4	Pemalan g	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	400	280	103	84
Beji	400	0	220	81	66
Bojong	280	220	0	253	205
Tulis	103	81	253	0	400
Batang	84	66	205	400	0

Tabel 5. 46 Perhitungan sum of square error pada golongan 5

v12	353,1325	356	-2,57746	6,643291
v23	351,1527	349	1,832689	3,358749
v34	341,3058	341	0,505841	0,255875
v45	328,02	328	0	0
Total	1373,611	1373,85		

Tabel 5. 47 Matriks asal tujuan kendaraan pada golongan 5

Golongan 5	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	200	135	15	2
Beji	200	0	175	20	3
Bojong	135	175	0	259	42
Tulis	15	20	259	0	281
Batang	2	3	42	281	0

5.4.1 Analisis Tingkat Kedatangan

Matriks asal tujuan pada sub Bab 5.1 masih berupa data volume lalu lintas harian rata-rata. Sehingga matriks asal tujuan ini perlu dikalikan dengan faktor k agar menjadi lalu lintas pada jam puncak. Mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 Jalan Bebas Hambatan (JBH), pada Tabel A.6 digunakan faktor k sebesar 0,11 yang dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut :

Tabel 5. 48 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan I

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	329	198	56	410
Beji	329	0	98	28	204
Bojong	198	98	0	36	261
Tulis	56	28	36	0	121
Batang	410	204	261	121	0

Tabel 5. 49 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan 2

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	220	209	39	18
Beji	220	0	172	32	15
Bojong	209	172	0	259	117
Tulis	39	32	259	0	325
Batang	18	15	117	325	0

Tabel 5. 50 10 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan 3

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	103	75	21	1
Beji	103	0	85	24	1
Bojong	75	85	0	163	7
Tulis	21	24	163	0	218
Batang	1	1	7	218	0

Tabel 5.51 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan
Golongan 4

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	44	31	11	9
Beji	44	0	24	9	7
Bojong	31	24	0	28	23
Tulis	11	9	28	0	44
Batang	9	7	23	44	0

Tabel 5. 52 Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Kendaraan Golongan 5

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	0	22	15	2	0
Beji	22	0	19	2	0
Bojong	15	19	0	28	5
Tulis	2	2	28	0	31
Batang	0	0	5	31	0

Setelah mendapatkan matriks asal tujuan pada arus jam puncak, selanjutnya yaitu mendistribusikan kendaraan masing-masing golongan pada setiap gerbang tol yang direncanakan. Karena pada jalan tol Pemalang - Batang ini direncanakan gerbang tol sistem tertutup, maka distribusi kendaraan bisa didapatkan dari hasil penjumlahan matriks asal tujuan, penjumlahan secara horizontal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk ke gerbang, dan penjumlahan secara vertikal untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang keluar dari gerbang. Distribusi kendaraan pada tiap tol dapat dilihat pada Tabel 5.53 :

Tabel 5. 53 Distribusi kendaraan keluar masuk gerbang tol golongan 1

Zona		Golongan 1				
		Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
Pemalang	Beji	329	329			
Pemalang	Bojong	198		198		
Pemalang	Tulis	56			56	
Pemalang	Batang	410				410
Beji	Bojong		98	98		
Beji	Tulis		28		28	
Beji	Batang		204			204
Beji	Pemalang	329	329			
Bojong	Tulis			36	36	
Bojong	Batang			261		261
Bojong	Beji		98	98		
Bojong	Pemalang	198		198		
Tulis	Batang				121	121
Tulis	Bojong			36	36	
Tulis	Beji		28		28	
Tulis	Pemalang	56			56	
Batang	Tulis				121	121
Batang	Bojong			261		261
Batang	Beji		204			204
Batang	Pemalang	410				410

Contoh perhitungan distribusi kendaraan golongan 1 sebagai berikut:

- Jumlah kendaraan golongan I yang masuk ke gerbang Pemalang (orange) = $329 + 198 + 56 + 410 = 993$

- Jumlah kendaraan golongan I yang keluar dari gerbang Pemalang(biru) = $329 + 198 + 56 + 410 = 993$

Berikut adalah hasil akhir distribusi kendaraan keluar masuk gerbang tol Pemalang – Batang yang ditunjukkan pada Tabel 5.54 dan Tabel 5.55.

Tabel 5. 54 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang

Jumlah Kendaraan Masuk gerbang					
Golongan	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
1	993	659	593	241	996
2	369	439	756	655	474
3	201	213	331	416	227
4	95	84	105	92	83
5	353	398	610	575	328
Total	2011	1793	2395	1979	2108

Tabel 5. 55 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang

Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang					
Golongan	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang
1	993	329	593	241	996
2	486	322	756	655	474
3	191	213	331	426	227
4	95	84	105	92	83
5	353	398	610	575	328
Total	2118	1347	2395	1989	2108

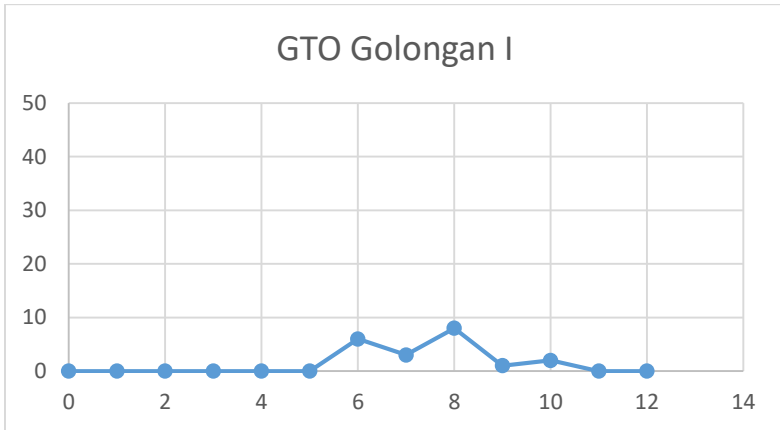
5.4.2 Analisis Waktu Pelayanan

Dalam Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang - Batang menggunakan sistem gerbang tol otomatis dan gerbang tol on board unit sehingga perlu diadakannya analisis waktu pelayanan untuk tiap jenis gerbang. Data waktu pelayanan yang terdapat pada Tabel 4.3 – Tabel 4.8. Kemudian data yang sudah ada terlebih

dahulu dicari frekuensi, frekuensi kumulatif, persentase dan persentase kumulatif untuk setiap detiknya. Berikut adalah contoh perhitungan waktu pelayanan pada gerbang tol setiap golongan kendaraan yang ditujukan pada Tabel 5.56 – Tabel 5.61.

Tabel 5. 56 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 1

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	6	6	30	30
7	3	9	15	45
8	8	17	40	85
9	1	18	5	90
10	2	20	10	100
11	0	20	0	100
12	0	20	0	100



Gambar 5. 9 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 1

Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.56 di atas :

Rata-rata : 7,5

Median : 8

Modus : 8

Presentase Kumulatif : 50% = 7,125

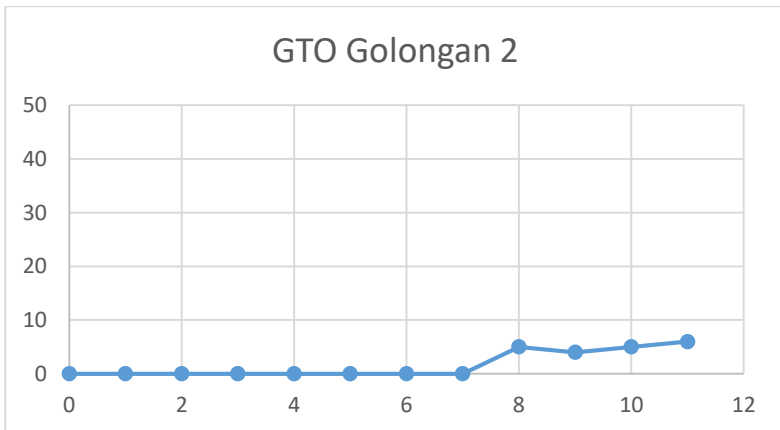
: 80% = 7,875

Waktu Pelayanan : 7,875

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 7,875 detik.

Tabel 5. 57 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 2

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	5	5	25	25
9	4	1	20	45
10	5	6	25	70
11	6	12	30	100



Gambar 5. 10 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 2

Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.57 di atas :

Rata-rata : 9,6

Median : 10

Modus : 11

Presentase Kumulatif : 50% = 9,25

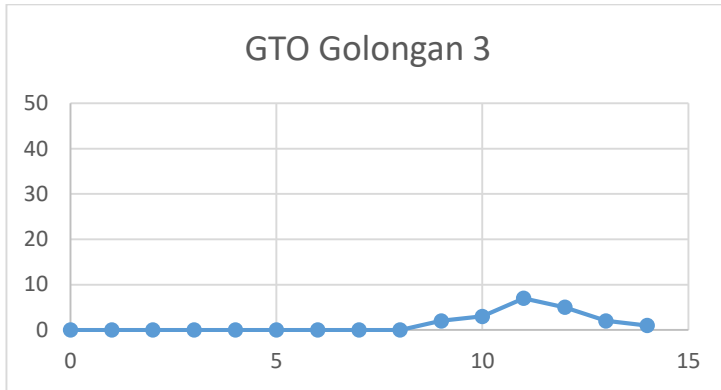
: 80% = 10,33

Waktu Pelayanan : 10,33

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 10,33 detik.

Tabel 5. 58 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 3

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	2	2	10	10
10	3	5	15	25
11	7	12	35	60
12	5	17	25	85
13	2	19	10	95
14	1	20	5	100



Gambar 5. 11 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 3

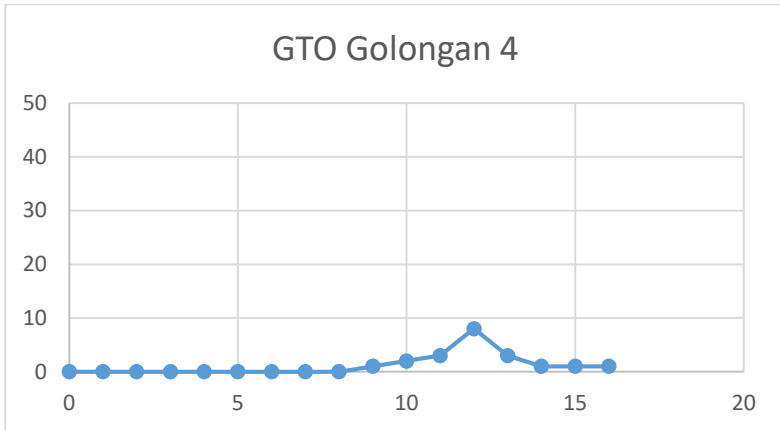
Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.58 di atas :

Rata-rata	: 11,25
Median	: 11
Modus	: 11
Presentase Kumulatif	: 50% = 10,7
	: 80% = 11,8
Waktu Pelayanan	: 11,25

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 11,25 detik.

Tabel 5. 59 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 4

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	1	1	5	5
10	2	3	10	15
11	3	6	15	30
12	8	14	40	70
13	3	17	15	85
14	1	18	5	90
15	1	19	5	95
16	1	20	5	100



Gambar 5. 12 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 4

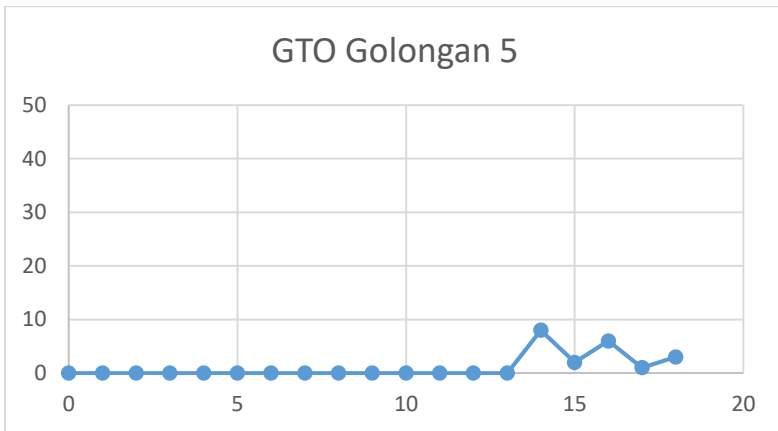
Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.59 di atas :

Rata-rata	: 12,1
Median	: 12
Modus	: 12
Presentase Kumulatif	: 50% = 11,5
	: 80% = 12,67
Waktu Pelayanan	: 12

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 12,1 detik.

Tabel 5. 6011 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 5

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	8	8	40	40
15	2	10	10	50
16	6	16	30	80
17	1	17	5	85
18	3	20	15	100



Gambar 5. 13 2Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis golongan 5

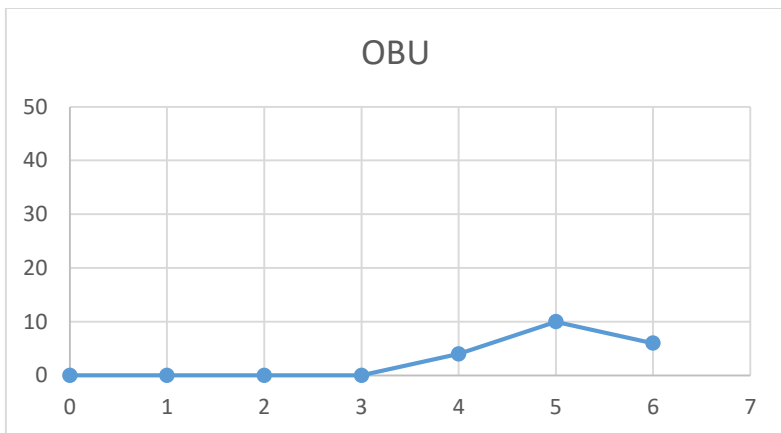
Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.60 di atas :

Rata-rata	: 15,45
Median	: 15,5
Modus	: 14
Presentase Kumulatif	: 50% = 15
	: 80% = 16
Waktu Pelayanan	: 15

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 15,45 detik.

Tabel 5. 61 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis On Board Unit (OBU)

waktu	freq	freq kumulatif	%	% kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	4	4	20	20
5	10	14	50	70
6	6	20	30	100



Gambar 5. 14 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit (OBU)

Berikut adalah penjelasan dari Tabel 5.61 di atas :

Rata-rata : 15,1

Median : 15

Modus	: 5
Presentase Kumulatif	: 50% = 4,6
	: 80% = 5,3
Waktu Pelayanan	: 5

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan melihat nilai dari ketiga perhitungan tersebut yang paling mendekati nilai median dan modus. Dimana nilai yang paling mendekati adalah 5,1 detik.

5.4.3 Analisis Tingkat Pelayanan (μ)

Pada Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang - Batang memerlukan tingkat pelayanan untuk keseluruhan gardu tol yang direncanakan pada tiap gerbang. Analisis tingkat pelayanan ini menggunakan data waktu pelayanan dari tiap golongan yang sudah dianalisis pada sub Bab 5.2 dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan sesuai Tabel 5.48 dan 5.49 . Dalam perencanaan ini kendaraan golongan I menggunakan proporsi 50% masuk ke gardu tol otomatis khusus golongan I, 25% masuk ke gardu tol otomatis dan 25% masuk ke gardu tol On Board Unit.

Berikut merupakan contoh perhitungan tingkat pelayanan untuk Gerbang tol Pemalang pada GTO Masuk yang dapat dilalui semua golongan kendaraan pada tahun 2034 :

Waktu Pelayanan :

1. Golongan I = 7,875 detik $\rightarrow 3600/7,875$ = 457
2. Golongan II = 10,33 detik $\rightarrow 3600/10,33$ = 349
3. Golongan III = 11,25 detik $\rightarrow 3600/11,25$ = 320
4. Golongan IV = 12,1detik $\rightarrow 3600/12,1$ = 297
5. Golongan V = 15,45 detik $\rightarrow 3600/15,45$ = 233

Tingkat Kedatangan :

1. Golongan I = 993 x 25% = 248 kend/jam
2. Golongan II = 369 kend/jam
3. Golongan III = 201 kend/jam
4. Golongan IV = 95 kend/jam
5. Golongan V = 353 kend/jam

$$\mu = \frac{(248 \times 457) + (369 \times 349) + (201 \times 320) + (95 \times 297) + (353 \times 233)}{248 + 369 + 201 + 95 + 353}$$

$$= 192 \text{ kend/jam}$$

Tabel 5. 62 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol 2034

Gerbang Tol	Gardu		μ (kend/jam)
Pemalang	GTO	Masuk	192
		Keluar	207
	GTO Khusus	Masuk	457
		Keluar	457
	OBU	Masuk	706
		Keluar	706
Beji	GTO	Masuk	177
		Keluar	138
	GTO Khusus	Masuk	457
		Keluar	457
	OBU	Masuk	706
		Keluar	706
Bojong	GTO	Masuk	171
		Keluar	171
	GTO Khusus	Masuk	457
		Keluar	457
	OBU	Masuk	706
		Keluar	706
Tulis	GTO	Masuk	143

Tabel 5. 63 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol 2034 (lanjutan)

	GTO Khusus	Keluar	143
		Masuk	457
		Keluar	457
	OBU	Masuk	706
		Keluar	706
Batang	GTO	Masuk	206
		Keluar	206
	GTO Khusus	Masuk	457
		Keluar	457
	OBU	Masuk	706
		Keluar	706

5.4.4 Analisis Intensitas Lalu Lintas

Setelah menganalisis tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan pada setiap gerbang tol Pemalang - Batang, selanjutnya dilakukan analisis intensitas lalu lintas untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis, gardu tol otomatis khusus dan gardu tol On Board Unit. Untuk menganalisis intensitas lalu lintas gardu tol otomatis, gardu tol otomatis khusus dan gardu tol On Board Unit digunakan waktu pelayanan yang didapat dari hasil survey yang telah dilakukan. Gerbang tol Pemalang - Batang direncanakan menggunakan sistem gerbang tol tertutup.

5.4.5 Analisis Intensitas Gerbang Tol

Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pemalang - Batang menggunakan gardu tol otomatis, gardu tol otomatis khusus dan gardu tol On Board Unit. Dalam perencanaan ini proporsi kendaraan yang masuk pada setiap jenis gerbang tol berbeda sesuai penjelasan pada sub Bab 5.8.3. Sedangkan kendaraan golongan II – golongan V hanya masuk ke gardu tol otomatis.

Berikut merupakan contoh analisis intensitas lalu lintas pada gerbang tol Pemalang tahun 2034 :

Gardu Tol Masuk

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I	: 2 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 8 gardu
Jumlah gardu On Board Unit	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 496 kend./jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 1266 kend./jam
λ_3 gardu On Board Unit	: 248 kend./jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 457 kend./jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 200 kend./jam
μ_3 gardu On Board Unit	: 706 kend./jam

• **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N_1}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{496/2}{457}$$

$$\rho_1 = 0.543 < 1 \text{ (OK)}$$

• **Gardu tol otomatis :**

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N_2}{\mu_2}$$

$$\rho_2 = \frac{1266/8}{200}$$

$$\rho_2 = 0.791 < 1 \text{ (OK)}$$

• **Gardu tol On Board Unit :**

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N_3}{\mu_3}$$

$$\rho_3 = \frac{248/1}{706}$$

$$\rho_3 = 0.352 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 dan ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka intensitas lalu lintas pada gerbang tol Pemalang arah masuk aman.

Gardu Tol Keluar

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 2 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 8 gardu
Jumlah (N) gardu On Board Unit	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 496 kend./jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 1373 kend./jam
λ_3 gardu On Board Unit	: 248 kend./jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 457 kend./jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 215 kend./jam
μ_3 gardu On Board Unit	: 706 kend./jam

- **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N_1}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{496/2}{457}$$

$$\rho_1 = 0.543 < 1 \text{ (OK)}$$

- **Gardu tol otomatis :**

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N_2}{\mu_2}$$

$$\rho_2 = \frac{1373/8}{215}$$

$$\rho_2 = 0.798 < 1 \text{ (OK)}$$

- **Gardu tol On Board Unit :**

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N_3}{\mu_2}$$

$$\rho_3 = \frac{248/1}{706}$$

$$\rho_3 = 0.352 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 dan ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka intensitas lalu lintas pada gerbang tol Pemalang arah keluar aman.

Berikut merupakan Tabel hasil Analisis Intensitas Lalu Lintas untuk tiap gerbang tol :

Tabel 5. 64 Intensitas Lalu Lintas Gerbang Tol PBTR th 2034

Gerbang Tol	Gardu		N	λ	μ	ρ
Pemalang	GTO	Masuk	8	1266	200	0.791
		Keluar	8	1373	215	0.798
	GTO Khusus	Masuk	2	496	457	0.543
		Keluar	2	496	457	0.543
	OBU	Masuk	1	248	706	0.352
		Keluar	1	248	706	0.352
Beji	GTO	Masuk	8	1300	184	0.884
		Keluar	9	1100	143	0.856
	GTO Khusus	Masuk	1	329	457	0.720
		Keluar	1	164	457	0.359
	OBU	Masuk	1	165	706	0.233
		Keluar	1	82	706	0.116
Bojong	GTO	Masuk	13	1951	117	0.848
		Keluar	13	1951	117	0.848
	GTO Khusus	Masuk	1	296	457	0.648
		Keluar	1	296	457	0.648
	OBU	Masuk	1	148	706	0.210
		Keluar	1	148	706	0.210

Tulis	GTO	Masuk	14	1798	148	0.866
		Keluar	14	1807	148	0.876
	GTO Khusus	Masuk	1	121	457	0.264
		Keluar	1	121	457	0.264
	OBU	Masuk	1	60	706	0.086
		Keluar	1	60	706	0.086
Batang	GTO	Masuk	3	411	214	0.639
		Keluar	3	413	214	0.642
	GTO Khusus	Masuk	2	498	457	0.545
		Keluar	2	498	457	0.545
	OBU	Masuk	1	249	706	0.353
		Keluar	1	249	706	0.353

Keterangan :

N = Jumlah Gardu tol

λ = Jumlah kendaraan

μ = Waktu pelayanan (kend/jam)

ρ = Intensitas lalu lintas

Dikarenakan ρ yang dianalisis < 1 , maka intensitas lalu lintas pada gerbang tol PBTR arah masuk dan keluar tergolong aman

5.4.6 Analisis Antrian pada Gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang tol PBTR menggunakan analisis antrian *First in First out (FIFO)*. Analisis antrian pada gerbang dilakukan untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi dan waktu mengantri pada gerbang tol. Analisis antrian ini menggunakan jumlah gardu tol yang sama pada analisis intensitas lalu lintas.

Berikut merupakan contoh analisis antrian gerbang tol Pemalang pada tahun 2034 :

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I	: 2 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 8 gardu
Jumlah (N) gardu On Board Unit	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 496 kend./jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 1266 kend./jam
λ_3 gardu On Board Unit	: 248 kend./jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 457 kend./jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 200 kend./jam
μ_3 gardu On Board Unit	: 706 kend./jam
ρ_1	: 0.543
ρ_2	: 0.791
ρ_3	: 0.352

• **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.543}{1-0.543} = 1.18 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.543^2}{1-0.543} = 0.645 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{457 - 496/2} \times 3600 = 17.24 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 17.24 - \frac{1}{457} \times 3600 = 9.36 \text{ detik}$$

• **Gardu tol otomatis :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.791}{1-0.791} = 3.778 \approx 4 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.791^2}{1-0.791} = 2.98 \approx 3 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{200 - 1266/8} \times 3600 = 85.9 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 85.9 - \frac{1}{200} \times 3600 = 67.9 \text{ detik}$$

- **Gardu tol On Board Unit :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.352}{1-0.352} = 0.542 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.352^2}{1-0.352} = 0.190 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{706 - 248/1} \times 3600 = 7.86 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 7.86 - \frac{1}{706} \times 3600 = 2.76 \text{ detik}$$

Gardu Tol Keluar

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 2 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 8 gardu
Jumlah (N) gardu On Board Unit	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 496 kend./jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 1373 kend./jam
λ_3 gardu On Board Unit	: 248 kend./jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 457 kend./jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 215 kend./jam
μ_3 gardu On Board Unit	: 706 kend./jam
ρ_1	: 0.543
ρ_2	: 0.798
ρ_3	: 0.352

- **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.543}{1-0.543} = 1.18 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.543^2}{1-0.543} = 0.64 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{457 - 496/2} \times 3600 = 17.24 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 17.24 - \frac{1}{457} \times 3600 = 9.36 \text{ detik}$$

- **Gardu tol otomatis :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.798}{1-0.798} = 3.94 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.798^2}{1-0.798} = 3.15 \approx 3 \text{ kend} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{215 - 1373/8} \times 3600 = 82.8 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 82.8 - \frac{1}{215} \times 3600 = 66.09 \text{ detik}$$

• **Gardu tol On Board Unit :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.352}{1-0.352} = 0.543 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.352^2}{1-0.352} = 0.190 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{706 - 248/1} \times 3600 = 7.86 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 7.86 - \frac{1}{706} \times 3600 = 2.76 \text{ detik}$$

Berikut merupakan Tabel hasil Analisis Intensitas Lalu Lintas untuk tiap gerbang tol :

Tabel 5. 65 Intensitas Antrian Gerbang Tol PBTR Tahun 2034

Gerbang tol	Gardu Tol		n	q	d	w
			kend	kend	dtk	dtk
Pemalang	GTO khusus	Masuk	1,18	0,64	17,24	9,36
		Keluar	1,18	0,64	17,24	9,36
	GTO	Masuk	3,77	2,98	85,92	67,94
		Keluar	3,94	3,15	82,80	66,06
	OBU	Masuk	0,54	0,19	7,86	2,76
		Keluar	0,54	0,19	7,86	2,76
Beji	GTO khusus	Masuk	2,57	1,85	28,18	21,18
		Keluar	0,57	0,20	12,29	4,42
	GTO	Masuk	7,65	6,76	169,60	149,99

Tabel 5. 66 Intensitas Antrian Gerbang Tol PBTR
Tahun 2034 (lanjutan)

	OBU	Keluar	5,96	5,11	175,71	150,49
		Masuk	0,29	0,06	6,48	1,48
		Keluar	0,10	0,01	5,64	0,64
Bojong	GTO khusus	Masuk	1,92	1,26	23,42	15,42
		Keluar	1,92	1,26	23,42	15,42
	GTO	Masuk	5,57	4,72	133,68	113,34
		Keluar	5,57	4,72	133,68	113,34
	OBU	Masuk	0,25	0,05	6,29	1,29
		Keluar	0,25	0,05	6,29	1,29
Tulis	GTO khusus	Masuk	0,36	0,09	10,93	2,93
		Keluar	0,36	0,09	10,93	2,93
	GTO	Masuk	6,47	5,61	181,47	157,19
		Keluar	7,02	6,15	195,93	171,53
	OBU	Masuk	0,09	0,01	5,45	0,45
		Keluar	0,09	0,01	5,45	0,45
Batang	GTO khusus	Masuk	1,23	0,68	149,44	157,44
		Keluar	1,23	0,68	149,44	157,44
	GTO	Masuk	1,77	1,13	46,51	29,72
		Keluar	1,79	1,15	46,91	30,12
	OBU	Masuk	0,52	0,18	7,64	2,64
		Keluar	0,52	0,18	7,64	2,64

Keterangan :

n = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem

q = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian

d = waktu kendaraan atau orang dalam sistem

q = waktu kendaraan atau orang dalam antrian

Dikarenakan nilai q yang dianalisis < 10, maka panjang antrian pada gerbang tol tergolong aman.

Berdasarkan hasil dari perhitungan yang didapat sebelumnya, maka diperoleh jumlah gardu tol Pemalang – Batang pada tahun 2019 sebagai berikut :

- Gerbang I Pemalang arah masuk terdapat 2 gardu tol otomatis khusus, 8 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol otomatis khusus, 8 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Beji arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 8 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 9 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Bojong arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 13 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 13 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Tulis arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 14 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 14 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Batang arah masuk terdapat 2 gardu tol otomatis khusus, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol otomatis khusus, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.

5.5 Lay-Out dan Konfigurasi Gardu Tol Tahun 2019

Dalam perencanaan konfigurasi gerbang tol Pemalang – Batang digunakan gerbang tol tipe ramp dikarenakan sistem yang dipakai adalah sistem tertutup. Pada pelataran tol ramp harus dibuat dengan panjang pulau tol 50m dengan kemiringan taper yaitu 1:5. Sedangkan konfigurasi gardu tol yang akan digunakan didalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Sejajar

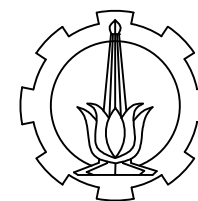
Gardu tol disusun sejajar berdasarkan jumlah yang telah diperoleh dari perhitungan sebelumnya. Terdapat 3 gardu tol yang disusun sejajar dalam tugas akhir ini yaitu pada

Gerbang tol Pemalang, Gerbang Tol Tulis dan Gerbang tol Batang

2. Terpisah

Gardu tol disusun terpisah dikarenakan terbatasnya lahan apabila disusun sejajar. Misalnya terdapat area persawahan atau pemukiman yang terdapat disekitar jalan tol. Didalam tugas akhir ini terdapat 2 gardu tol yang terpisah yaitu pada Gerbang Tol Beji dan Gerbang Tol Bojong

Konfigurasi dan Lay-Out Gardu Tol 2019 terdapat pada Gambar berikut :



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PEMALANG - BATANG

DOSEN ASISTENSI

Ir. Wahyu Herijanto, M.T
Dr. Catur Arif Prastyanto, S.T.,M.Eng

NAMA MAHASISWA

Videla Denastyan A.P
(03111440000147)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL PBTR 2019

NOMOR
HALAMAN

01

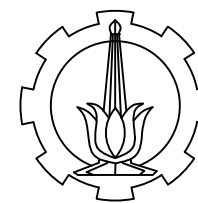


Gerbang Tol Pemalang

NAMA	JENIS GARDU
A	Gardu Tol Otomatis Khusus
B	Gardu Tol Otomatis
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>



SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PEMALANG - BATANG

DOSEN ASISTENSI

Ir. Wahyu Herijanto, M.T
Dr. Catur Arif Prastyanto, S.T.,M.Eng

NAMA MAHASISWA

Videla Denastyan A.P
(03111440000147)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL PBTR 2019

NOMOR
HALAMAN

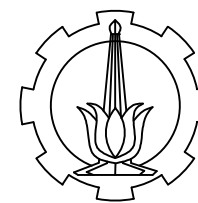
02

Gerbang Tol Beji

NAMA	JENIS GARDU
A	Gardu Tol Otomatis Khusus
B	Gardu Tol Otomatis
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>



SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL PEMALANG - BATANG

DOSEN ASISTENSI

Ir. Wahyu Herijanto, M.T
Dr. Catur Arif Prastyanto, S.T.,M.Eng

NAMA MAHASISWA

Videla Denastyan A.P
(03111440000147)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL PBTR 2019

NOMOR
HALAMAN

03

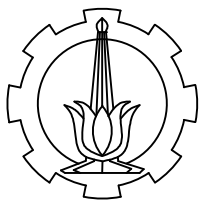


Gerbang Tol Bojong

NAMA	JENIS GARDU
A	Gardu Tol Otomatis Khusus
B	Gardu Tol Otomatis
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>



SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PEMALANG - BATANG

DOSEN ASISTENSI

Ir. Wahyu Herijanto, M.T
Dr. Catur Arif Prastyanto, S.T.,M.Eng

NAMA MAHASISWA

Videla Denastyan A.P
(03111440000147)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL PBTR 2019

NOMOR
HALAMAN

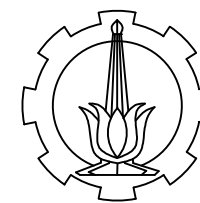
04

Gerbang Tol Tulis

NAMA	JENIS GARDU
A	Gardu Tol Otomatis Khusus
B	Gardu Tol Otomatis
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>



SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GERBANG TOL
PEMALANG - BATANG

DOSEN ASISTENSI

Ir. Wahyu Herijanto, M.T
Dr. Catur Arif Prastyanto, S.T.,M.Eng

NAMA MAHASISWA

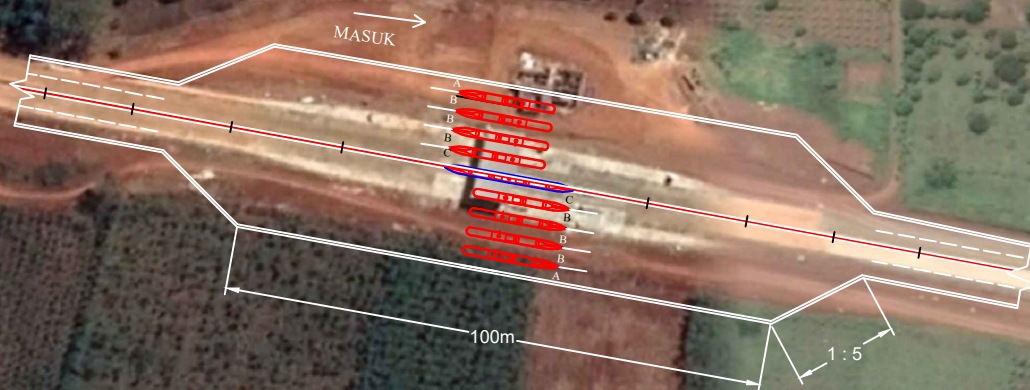
Videla Denastyan A.P
(03111440000147)

NAMA GAMBAR

GERBANG TOL PBTR 2019

NOMOR
HALAMAN

05



© 2018 Google
Image © 2018 CNES / Airbus
Image © 2018 DigitalGlobe

Google Earth

NAMA	JENIS GARDU
A	Gardu Tol Otomatis Khusus
B	Gardu Tol Otomatis
C	Gardu Tol <i>On Board Unit</i>



SKALA 1:100

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Volume kendaraan pada gerbang tol Pemalang - Batang sebagai berikut:
 - a. Tahun 2019
 - Gerbang I Pemalang, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 746 kend/jam, arah keluar 855 kend/jam.
 - Gerbang II Beji, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 905 kend/jam, arah keluar 687 kend/jam.
 - Gerbang III Bojong, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 994 kend/jam, arah keluar 994 kend/jam.
 - Gerbang IV Tulis, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 728 kend/jam, arah keluar 727 kend/jam.
 - Gerbang V Batang, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 849 kend/jam, arah keluar 849 kend/jam.
2. Lama waktu pelayanan yang dibutuhkan kendaraan pada gerbang tol Pemalang – Batang sebagai berikut :
 - Kendaraan golongan 1 membutuhkan waktu 7,875 detik
 - Kendaraan golongan 2 membutuhkan waktu 10,33 detik
 - Kendaraan golongan 3 membutuhkan waktu 11,25 detik

- Kendaraan golongan 4 membutuhkan waktu 12,1 detik
 - Kendaraan golongan 5 membutuhkan waktu 15,45 detik
 - Kendaraan yang menggunakan alat *On Board Unit* membutuhkan waktu 5,1 detik
3. Jumlah gardu tol pada gerbang tol Pemalang - Batang tahun 2019 sebagai berikut:
- Gerbang I Pemalang arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
 - Gerbang I Beji arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 4 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 4 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
 - Gerbang I Bojong arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 4 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 4 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
 - Gerbang I Tulis arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
 - Gerbang I Batang arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.

4. Jumlah gardu tol pada gerbang tol Pemalang - Batang tahun 2034 sebagai berikut:

a. Tahun 2034

- Gerbang I Pemalang arah masuk terdapat 2 gardu tol otomatis khusus, 8 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol otomatis khusus, 8 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Beji arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 8 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 9 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Bojong arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 13 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 13 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Tulis arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 14 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus, 14 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.
- Gerbang I Batang arah masuk terdapat 2 gardu tol otomatis khusus, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit, untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol otomatis khusus, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol on board unit.

5. Berikut adalah desain *lay-out* berdasarkan panjang antrian (Tabel 5.36) gerbang tol:

- Gerbang tol Pemalang memiliki antrian paling panjang yaitu sebanyak 4 kendaraan. Dengan konfigurasi sejajar

- Gerbang tol Beji memiliki antrian paling panjang yaitu sebanyak 5 kendaraan dengan konfigurasi terpisah
- Gerbang tol Bojong memiliki antrian paling panjang yaitu sebanyak 2 kendaraan dengan konfigurasi terpisah
- Gerbang tol Tulis memiliki antrian paling panjang yaitu sebanyak 1 kendaraan dengan konfigurasi sejajar
- Gerbang tol Pemalang memiliki antrian paling panjang yaitu sebanyak 1 kendaraan dengan konfigurasi sejajar

6.2. Saran

Berdasarkan hasil perencanaan, berikut saran yang dapat diberikan oleh penyusun kepada perencana gerbang tol, badan pengelola jalan tol, ataupun pemerintah:

1. Sosialisasi penggunaan e toll card pada setiap pengguna jalan tol.
2. Mempermudah pengisian e-toll card
3. Memberi pengarahannya kepada pengendara golongan II sampai golongan V agar mau menggunakan alat *On Board Unit*.
4. Menggunakan harga yang terjangkau untuk pembelian alat *On Board Unit*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. **Konsep Teori Antrian**,
<URL:<https://sites.google.com/site/operasiproduksi/teoriaantrian>>, 19 November 2017.
- Anonim. 2018. **Jalan Tol**, https://id.wikipedia.org/wiki/Jalan_tol,
19 November 2017
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
2009. **Standar Konstruksi dan Bangunan Nomor 007/BM/2009 Tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol**. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2014. **Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia tentang Jalan Bebas Hambatan**. Jakarta.
- Erlang, A.K. 1913. **“Sejarah Teory Antrian” dalam modul manajemen operasional**. Jakarta.
- Hermawan, P. 2017. **Perencanaan Konfigurasi Gerbang Tol Pasuruan – Probolinggo**. Surabaya
- Kakiay, T.J.2004. **Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata**. Yogyakarta. Penerbit Andi Offset.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2007. **Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/2007 Tentang Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Jalan Tol Yang Sudah Beroperasi**. Jakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2007. **Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/M/2007 tentang Penetapan Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Ruas Tol yang Sudah Beroperasi dan Besarnya Tarif Tol Pada Beberapa Ruas Jalan Tol.** Jakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/M/2014 Tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol.** Jakarta.

May, A.D. 1990. **Traffic Flow Fundamentals.** New Jersey : Prentice-Hall International Inc

Pemerintah Republik Indonesia. 2004. **Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan.** Jakarta.

Pemerintah Republik Indonesia. 2005. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol.** Jakarta.

Siagian, P. 1987. **Penelitian Operasional: Teori dan Praktek,** Universitas Indonesia Press. Jakarta

Subagyo, P. 2000. **Dasar-dasar Operation research.** BPFE.Yogyakarta

Tamin, O.Z. 2003. **Perencanaan dan Pemodelan Transportasi.** Bandung. Penerbit ITB.

Walpole, R.E. 1995. **Pengantar Statistika.** Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 Iterasi Furness Golongan 2

Iterasi 1

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	O
Pemalang	0					2079
Beji		0				1791
Bojong			0			1499
Tulis				0		500
Batang					0	
D	0	1791	1499	500	2025	

Iterasi 2

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	1	1	1	1	4	2079	519,75
Beji	0	0	1	1	1	3	1791	597
Bojong	0	0	0	1	1	2	1499	749,5
Tulis	0	0	0	0	1	1	500	500
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	1	2	3	4			
D	0	1791	1499	500	2025			
fd	0	1791	749,5	166,667	506,25			

Iterasi 3

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	519,75	519,75	519,75	519,75	2079	2079	1
Beji	0	0	597	597	597	1791	1791	1
Bojong	0	0	0	749,5	749,5	1499	1499	1
Tulis	0	0	0	0	500	500	500	1
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	519,75	1116,75	1866,25	2366,25			
D	0	1791	1499	500	2025			
fd	0	3,44589	1,342287889	0,26792	0,85578			

Iterasi 22

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	1791	215,856	19,9919	61,3682	2088,22	2079	1
Beji	0	0	1283,14	118,841	364,8	1766,78	1791	1
Bojong	0	0	0	361,167	1108,66	1469,83	1499	1
Tulis	0	0	0	0	490,174	490,174	500	1
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	1791	1499	500	2025			
D	0	1791	1499	500	2025			
fd	0	1	1	1	1			

Lampiran 2 Iterasi Furness Golongan 3

Iterasi 1

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	O
Pemalang	0					856
Beji		0				876
Bojong			0			695
Tulis				0		500
Batang					0	1800
D	1800	876	695	500	915	

Iterasi 2

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	1	1	1	1	4	856	214
Beji	0	0	1	1	1	3	876	292
Bojong	0	0	0	1	1	2	695	347,5
Tulis	0	0	0	0	1	1	500	500
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	1	2	3	4			
D	0	876	695	500	915			
fd	0	876	347,5	166,667	228,75			

Iterasi 3

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	214	214	214	214	856	856	1
Beji	0	0	292	292	292	876	876	1
Bojong	0	0	0	347,5	347,5	695	695	1
Tulis	0	0	0	0	500	500	500	1
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	214	506	853,5	1353,5			
D	0	876	695	500	915			
fd	0	4,09346	1,37352	0,58582	0,67603			

Iterasi 25

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	807,628	36,1745	6,61713	5,58006	856	856	1
Beji	0	0	655,112	119,835	101,054	876	876	1
Bojong	0	0	0	377,046	317,954	695	695	1
Tulis	0	0	0	0	500	500	500	1
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	807,628	691,286	503,498	924,587			
D	0	876	695	500	915			
fd	0	1	1	1	1			

Lampiran 3 Iterasi Furness Golongan 4

Iterasi 1

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	O
Pemalang	0					445
Beji		0				360
Bojong			0			216
Tulis				0		200
Batang					0	1800
D	1800	360	216	200	354	

Iterasi 2

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	1	1	1	1	4	445	111,25
Beji	0	0	1	1	1	3	360	120
Bojong	0	0	0	1	1	2	216	108
Tulis	0	0	0	0	1	1	200	200
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	1	2	3	4			
D	0	360	216	200	354			
fd	0	360	108	66,6667	88,5			

Iterasi 3

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	111,25	111,25	111,25	111,25	445	445	1
Beji	0	0	120	120	120	360	360	1
Bojong	0	0	0	108	108	216	216	1
Tulis	0	0	0	0	200	200	200	1
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	111,25	231,25	339,25	539,25			
D	0	360	216	200	354			
fd	0	3,23596	0,93405	0,58954	0,65647			

Iterasi 22

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	360	30,2012	12,8919	10,9341	414,027	445	1
Beji	0	0	185,799	79,3111	67,2668	332,377	360	1
Bojong	0	0	0	107,797	91,4268	199,224	216	1
Tulis	0	0	0	0	184,372	184,372	200	1
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	360	216	200	354			
D	0	360	216	200	354			
fd	0	1	1	1	1			

Lampiran 4 Iterasi Furness Golongan 5

Iterasi 1

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	O
Pemalang	0					167
Beji		0				149
Bojong			0			138
Tulis				0		121
Batang					0	1800
D	1800	149	138	121	154	

Iterasi 2

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	1	1	1	1	4	167	41,75
Beji	0	0	1	1	1	3	149	49,6667
Bojong	0	0	0	1	1	2	138	69
Tulis	0	0	0	0	1	1	121	121
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	1	2	3	4			
D	0	149	138	121	154			
fd	0	149	69	40,3333	38,5			

Iterasi 3

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	41,75	41,75	41,75	41,75	167	167	1
Beji	0	0	49,6667	49,6667	49,6667	149	149	1
Bojong	0	0	0	69	69	138	138	1
Tulis	0	0	0	0	121	121	121	1
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	41,75	91,4167	160,417	281,417			
D	0	149	138	121	154			
fd	0	3,56886	1,50957	0,75429	0,54723			

Iterasi 22

	Pemalang	Beji	Bojong	Tulis	Batang	o	O	fo
Pemalang	0	149	15,5028	2,25202	0,71145	167,466	167	1
Beji	0	0	122,497	17,7946	5,62164	145,914	149	1
Bojong	0	0	0	100,953	31,8929	132,846	138	1
Tulis	0	0	0	0	115,774	115,774	121	1
Batang	0	0	0	0	0	0	0	0
d	0	149	138	121	154			
D	0	149	138	121	154			
fd	0	1	1	1	1			

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Jum'at tanggal 11 Januari 2019 jam 07:30 WIB telah diselenggarakan UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111440000147	Videla Denastyan Agpenta Putra	Perencanaan Gerbang Tol Pemalang-Batang ^ konfigurasi.

1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- ✓ → Abstrak diperbaiki.
- ✓ → letak pelayanan dibedakan per jenis bend dan peralat bayar (obj del).
- ✓ → Gambar metodologi jelas. hal 25
- ✓ → Hal 49-dot → perbaiki gambar grafik. (grafik baru) gambar telah jelas. & diperbaiki.
- ✓ → Rekap → copy paste tulisan GUR. I.
- ✓ → Masukkan referensi diajari yg sama & di tinjau per tabel & daftar pustaka
- ✓ → Gambar tal gate diperjelas.
- ✓ → Tambahkan latar belakang → tak menggambar detail peralatan.
- ✗ → Data tal rencana → masukkan di tinjau pertama → rencana baru rencana tol.
- ✗ → lebar jalur di cek ulang. teori dan gbr.
- ✗ → Gambar harus detail.
- ✗ → reference → harus jelas; bab 2 tinjau hal gate
- ✗ → harus ada penjelasan detail.
- ✗ → konfigurasi tal-gate.
- ✗ → bertitiklah.

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / AB / B / BC / C / D / E

3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- ☐ Lulus Tanpa Perbaikan
- ☐ Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
- ☒ Lulus Dengan Perbaikan
- ☐ Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. Wahyu Herijanto, MT (Pembimbing 1)	
Dr. Catur Arif Prastyanto, ST. M.Eng (Pembimbing 2)	
Budi Rahardjo, ST. MT	
Anak Agung Gde Kartika, ST. MSc	

Surabaya, 11 Januari 2019

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSc
NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang

A. Agung G. Kartika



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	:	Dr. Catur Arief Prastyanto, S.T., M.Eng.
NAMA MAHASISWA	:	Videla Denastyan A.P
NRP	:	031114100147
JUDUL TUGAS AKHIR	:	Perencanaan Gerbang Tol Pematang - Batang
TANGGAL PROPOSAL	:	
NO. SP-MMTA	:	020135 / IT2.VI.A.1 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	13-5-18	Perhitungan LHR menggunakan metode Furness	- Merapikan & Memperjelas cara perhitungan	
2.	20-5-18	Perhitungan Arus Jam Puncak	- Mencari Waktu Pelayanan	
3.	4-6-18	Waktu Pelayanan Didapat	- Jumlah & lokasi Gardu Tol	

BIODATA PENULIS



Videla Denastyan Agpenta Putra

Lahir di Madiun, pada tanggal 17 Desember 1995, merupakan anak pertama dari pasangan Agus Sutanto dan Peni Dyah E. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di SDN Kartoharjo 01 Madiun, SMPN 1 Madiun, dan SMAN 2 Madiun. Kemudian penulis meneruskan Pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSLK-ITS) melalui program sarjana dan terdaftar dengan NRP. 03111440000147. Penulis adalah mahasiswa Program Sarjana S1 dengan bidang studi transportasi dengan mengambil judul tugas akhir **“PERENCANAAN KONFIGURASI GERBANG TOL PEMALANG - BATANG”**

Narahubung

Email : videladenastyanap@gmail.com